تعليمات الممارسة الإشعاعية للملوثات المشعة

CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION



د. عذاب طاهر الكنانى

CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION - CAUTION -

دار الفجر للنشر والتوزيع

تعليمات الممارسة الإشعاعية

للملوثات المشعة

تعليمات الممارسة الإشعاعية

للملوثات المشعة

أ . د عذاب طاهر الكناني

خبير اشعاع – وزارة البيئة – دولة قطر

دار الفجر للنشر والتوزيع

2015

تعليمات الممارسة الإشعاعية

للملوثات المشعة

أ . د عذاب طاهر الكناني

حقوق النشر	رقم الإيداع
الطبعة الأولى 2015	22579
جميع الحقوق محفوظة للناشر	ISBN
	978-977-358-320-0

دار الفجر للنشر والتوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة

القاهرة - مصر

تليفون : 26242520 - 26246252(00202)

فاكس : 26246265 (00202)

Email: info@daralfajr.com

المحتويات

الجزء الأول

تعليمات الممارسة الإشعاعية

للملوثات المشعة المتكونة طبيعيا في

صناعة النفط والغاز

المقدمة

في إطار التطور المستمر في المعرفة الإنسانية بتأثيرات الإشعاعات المؤينة وطرق رصدها واحتواء تأثيرها الضار، استنادا إلى تعليمات وتوصيات المنظمات الدولية المتخصصة بالوقاية من الإشعاعات المؤينة مثل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع المؤين ICRP والوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA. حيث تضع السلطات الوطنية تعليمات للممارسة الإشعاعية كمحور أساسي من محاور البنية التشريعية الوطنية والتي تتكون من القوانين واللوائح والممارسات الإشعاعية لغرض حماية الإنسان والبيئة من التعرض غير المبرر للإشعاعات المؤينة . إن استخراج وصناعة النفط والغاز لا تتضمن تفاعلا مباشرا مع الإشعاعات المؤينة ولكنها تتضمن التعامل مع المواد المشعة الطبيعية حيث تودي العمليات التصنيعية إلى إزالتها أو تقليلها من منتجات التصنيع وتركيزها في بعض المعدات مما يحتم التعامل معها بما يضمن سلامة العملية التصنيعية ووقاية العاملين والجمهور والبيئة ، عن طريق وضع التعليمات والضوابط الفنية التي تحكم التعامل مع هذه النفايات .

تسمى المواد المشعة الطبيعية التي جرى تركيزها تكنولوجياً بفعل الإنسان (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials) TENORM تعني المواد المشعة الطبيعية التي يزداد فيها تركيز النويدات المشعة نتيجة الممارسة أو النشاط الذي يقوم به الإنسان، ولا تتضمن النشاط الإشعاعي الطبيعي الاعتيادي في الصخور أو التربة أو الخلفية الطبيعية.

والمصطلح الشائع الاستخدام في الوقت الحاضر هو المواد المشعة المتكونة طبيعيا (Naturally Occurring Radioactive Materials) NORM.

المواد المشعة المتكونة طبيعيا في استخراج وإنتاج النفط والغاز وكذلك استخراج الخامات والصناعات التحويلية القائمة عليها تعتبر مصدر قلق متزايد. في الممارسة العملية فان سلسلة اليورانيوم الطبيعي ^{238}U ،و سلسلة الثوريوم Th^{232} ، وفي حالة استثنائية سلسلة ^{235}U ونواتج انحلال هذه السلاسل هي المصدر الرئيس للتلوث بنظائر NORM.

التعريف القانوني للمواد المشعة يعتمد على النشاط الإشعاعي النوعي والذي قد يختلف في انحاء العالم من ناحية تحديد المعايير المختلفة للتعامل معها والسيطرة على تعرض العاملين عند التخلص منها. أو لأغراض الوقاية من الإشعاع عند حيازتها، استخدامها، نقلها، تخزينها والتخلص منها.

اللوائح والتشريعات التي تتعلق بحيازة أو التخلص من المواد التي تحتوي على العناصر المشعة ذات المصدر الأرضي (primordial radionuclide) مثل (^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{40}K) معروفة وموثقة في معظم دول العالم ، ولكنها بصفة عامة ليست كافية للتعامل مع المواد المشعة المتكونة طبيعيا NORM والناتجة عن الصناعات غير المصممة لإنتاج الإشعاع مثل استخراج وإنتاج الغاز والنفط أو استخراج وإنتاج المعادن. وفي بعض البلدان قد تكون هذه العمليات مرخصة فيما يتعلق بحيازتها،استخرجها .نقلها ، تخزينها أو التخلص منها. وجود النشاط الإشعاعي الطبيعي في تشكيلات النفط والغاز معروف في جميع أنحاء العالم ، وتستغل كوسيلة لتحديد صخور تشكيلات النفط لأكثر من 30 عاما. هذا النشاط الإشعاعي ناتج عن وجود الصخور التي تحتوي السلاسل الطبيعية لليورانيوم والثوريوم ووليدتها في التشكيلات والخامات.

ورغـم ان النشـاط الإشـعاعي في حقـول الـنفط والغـاز يرجـع أساسـا إلى وجـود البوتاسـوم المشـع ^{40}K.

الآراء حول المقصود بالضبط بالمصطلح المواد المشعة طبيعيا NORM. التقـارير التـي تعـود إلى عـام 1904 أوضحت بأنه في صناعة النفط والغاز تتكون تركيزات كبـيرة نسـبياً مـن النويـدات المشـعة ذات الأصل الطبيعي ، ويبدو أن مصطلح NORM استخدم أول مرة في هذه الصـناعة في أواخـر الثمانينـات عند الإشارة إلى وجود الراديوم في الترسبات الصلبة الحرشفية داخل أنابيـب الآبـار النفطيـة ، والأوعيـة والمضخات وغيرها من معدات الإنتاج والتجهيز. ومنـذ ذلـك الحـين اعتمـدت مصـطلح NORM عـلى نطاق واسع ليس في صناعة النفط والغاز فحسب وإنما في الصناعات التعدينيـة الأخـرى التـي تتعامـل مع المواد التي تحوي نويدات مشعة ذات الأصل الطبيعي.

بعض الصناعات يتم فيها تعرض العـاملين إلى النويـدات المشـعة الطبيعيـة المعـززة تكنولوجيـا فمـثلا العاملين في مصانع الصهر يتعرضون لدخان الفرن ومرسب الغبار الذي يتعزز فيـه ^{210}Pb لتركيـز يصـل لغاية 200 بيكريل / جرام ويؤثر بجرعة سنوية مقدارها 120 μSv .

لا توجد أدلة إرشادية خاصة بالمواد المشعة الطبيعية الناجمة عن صناعة النفط والغاز NORM عـلى المستوى الدولي ، وكل دولة تقوم بوضع هذه الأدلة بالاعتماد على القوانين والأنظمة السائدة لديها بمـا ينسجم مع قواعد الوقاية الإشعاعية العامة. في حالة نقـل نفايـات المـواد المشـعة الطبيعيـة NORM كبيرة الحجم وعالية النشاط الإشعاعي فإنها تخضع لمتطلبات القواعد التنظيمية للنقـل الآمـن إذا كـان نشاطها الإشعاعي يزيد عن مستويات الإعفاء الموضوعة للنقل.

تهدف وثيقة تعليمات الممارسة الإشـعاعية للمـواد المشـعة طبيعيـا في صـناعة الـنفط والغـاز إلى توضـيح ضـوابط الممارسـة الإشـعاعية والمتطلبـات الأساسـية التـي تحكـم

الأعمال المرتبطة بإدارة هذه المواد بما يضمن حماية الإنسان والبيئة حاضرا ومستقبلا من أخطار التعرض للإشعاعات المؤينة الصادرة عن NORM دون تعطيل الصناعة النفطية .

التعليمات تعكس خبرتي النظرية والعملية لربع قرن مشرفا ومنفذا من قبل منظمة الطاقة الذرية العراقية مركز العلم العراقي المبدع لادارة النفايات المشعة الطبيعية في معمل الأسمدة الفوسفاتية في القائم- العراق واكثر من خمس سنوات في ادارة النفايات المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز في بلدي الثاني قطر- وزارة البيئة.

يطيب لي ان اعبر عن شكري وتقديري لجميع الناس اللذين اشتركت معهم في الموضوع وخاصة طالبي الدكتور سلام السامرائي الذي اشرفت عليه في رسالة الدكتوراة حول دورة النظائر المشعة الطبيعية NORM عام 1996 وزملائي اللذين شاركونى العمل في نفس الموضوع.

والناس الرائعين المثابرين في وزارة البيئة – دولة قطر وأخص بالذكر سعادة وزير البيئة الاستاذ عبد اللـه مبارك المعضادي و الدكتور راشد الكواري-الوكيل المساعد للشئون البيئية –دولة قطر لاهتمامهم ومتابعتهم المستمرة لموضوع NORM وللموظف المثالي الذي رافقني مسيرة العمل في قطر الكيميائي الأول مفتاح الدوسري. الجميع ساهموا بشكل أوآخر في اخراج هذا الكتاب الى المكتبة العربية.

الفصل الأول

ميكانيكية تكون المواد

المشعة المتكونة طبيعيا NORM

1- 1 - العناصر الأساسية لممارسة المواد المشعة الطبيعةNORM :

1- آليات تشكيل المواد المشعة الطبيعة NORM في صناعة النفط والغاز.

2 - وضع معايير إزالة التلوث من التجهيـزات والمعـدات الملوثـة إلى منـاطق الاسـتخدام غـير المحظـور بحيث لا تؤدي إلى مخاطر ملموسة.

3 - وضع مستويات الإعفاء من المتطلبات الرقابية للمواد المشعة والنفايات والأراضي الملوثة.

4 - وضع معايير إزالة التلوث من التجهيـزات والمعـدات الملوثـة إلى منـاطق الاسـتخدام غـير المحظـور بحيث لا تؤدي إلى مخاطر ملموسة.

5- وقاية العاملين أثناء العمل مع معدات تتركز فيها المواد المشعة، إزالة التلـوث، وأثنـاء الـتخلص مـن المواد المشعة والتي يمكـن أن تـسبب تعـرض إشـعاعي خـارجي أو داخـلي. ووقايـة عمـوم النـاس مـن النفايات الحاوية على مواد مشعة طبيعية ومن نقل النفايات والمعدات الملوثة.

6 – نقل وخزن المواد المشعة الطبيعة NORM

7 - الـتخلص مـن نفايـات NORM (الميـاه المرافقـة، الوحـل. الرواسـب الـصلبة الحرشـفية، المعـدات والتجهيزات والأنابيب، الأراضي، وغيرها....).

8 - تصفية المنصات البحرية لمنشآت النفط والغاز بعد انتهاء عمرها التشغيلي ونضوب الآبار.

9 - تدريب العاملين لتداول المواد المشعة الطبيعةNORM

الغرض من قواعد الممارسة الإشعاعية للمواد المشعة الطبيعية:

وضع معايير الوقاية الإشعاعية لحيازة أو استخدام أو نقل ملكية المواد المشعة الطبيعية NORM أو التخلص منها.بحيث يكون تعرض الأشخاص منخفضا وأقل من الحدود المنصوص عليها ، بما يلبي مبدأ اقل ما يمكن الوصول اليه عمليا (ALARA).

النطاق Scope:

هذه المدونة مختصة بإدارة وسياقات العمل مع المواد المشعة الطبيعية NORM وتطبق على كافة الأشخاص الذين يملكوا أو يستخدموا أو ينقلوا ملكية المواد المشعة الطبيعية أو يتخلصوا منها.علما بان الثوريوم واليورانيوم في أي تركيز لا يخضع لتعليمات هذه المدونة .

التعاريف:

1 - المواد المشعة الطبيعية (NORM):

تعني المواد المشعة الطبيعية naturally occurring radioactive materials التي يزداد فيها تركيز النويدات المشعة نتيجة النشاط الذي يقوم به الإنسان، ولا تتضمن النشاط الإشعاعي الطبيعي (الخام) في الصخور أو التربة أو إشعاع الخلفية الطبيعية.

2 – الممارسة Practice

النشط الانساني الذي يؤدي إلى وصول المواد المشعة من مسالك التعرض المختلفة أو زيادة تعريض الناس.

3 – الإعفاء أو الاستثناء Exemption

هو استثناء مخطط له لممارسة ما من الخضوع للتعليمات الوطنية للوقاية من

الإشعاع. و يعفى أي شخص يملك أو يستخدم أو يعالج أو ينقل ملكية أو يوزع أو يتخلص منها من متطلبات اللوائح التنظيمية الرقابية

4- الماء المنتج Produced Water

هو الماء المتدفق من البئر والذي يكون ملوث بنظائر الراديوم الذائبة في الماء والواصلة إلى السطح .

5 - الوحل Sludge الوحل او الطين تجمع الهيدروكربونات الثقيلة، المستحلبات المرتبطة بقوة ، الرمل، و قليل من نواتج تآكل أجهزة ومعدات الحفر، داخل أوعية الفصل، المعدات في فوهة البئر، والخزانات ---الخ

6- الرواسب الصلبة الحرشفية Scale المواد الصلبة الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية وأهمها نظائر الراديوم في صناعة النفط والرصاص 210 والبولونيوم 210 في صناعة الغاز. تترسب هذه المواد على السطوح الداخلية للفتحة السفلية لأنبوب النفط داخل البئر، المعدات المركبة على سطح الأرض و معدات الإنتاج وأنابيب نقل النفط و الغاز .

7 - المواد ذات النشاط الإشعاعي النوعي المنخفضLSA Low Specific Activity Material وهي المواد التي يكون نشاطها الإشعاعي النوعي منخفض بطبيعته، أو مواد مشعة تنطبق عليها حدود النشاط الإشعاعي النوعي المتوسط.

8 - إزالة التلوث Decontamination

تقليل المواد المشعة آو إزالتها كليا من سطوح المعدات ، الأشخاص، أو البيئة.

9 - التعرض Exposure

تفاعل الإشعاع المؤين مع المواد أو الإنسان وقد يكون ناتج عن مصدر خارج الجسم (تعرض خارجي) او ناتجا عن دخول المواد المشعة إلى داخل الجسم

(تعرض داخلي).

10 – المستوى الاسترشادي Guidance Level

كمية معينة عند الوصول إليها أو تجاوزها تتخذ إجراءات مناسبة.

11 –مستوى التدخل Intervention Level معدل الجرعة الذي يتم عنده اتخاذ فعل وقائي.

12 –مستوى العمل Action Level

مستوى معدل الجرعة ، أو النشاط الإشعاعي الذي عند الوصول إليه أو تجاوزه ينبغي تنفيذ الإعمال التصويبية.

13 – النفايات المشعة Radioactive Waste

وهي الفضلات المشعة التي تحوي نويدات مشعة بتراكيز اكبر من التركيز الذي حددته السلطة الرقابية في الترخيص وقد يتم خزنها او حجزها لغرض تقيد إطلاقها إلى البيئة المحيطة.

14 – الأجسام الملوثة سطحيا (SCO) تعني جسما صلبا غيرمشع في حد ذاته ولكنه يحمل مادة مشعة موزعة على سطحه بشكل منظم. تستثنى الأجسام الملوثة السطح من الخارج من شروط النقل الآمن للمواد المشعة اذا كان:

أ – جسم ملوث السطح من الفئة الأولى(SCO-I)

1 - اذا كان المعدل الوسطي للتلوث غير الثابت (التلوث الذي يمكن أن ينقل تلقائياً أو يمكن إزالته بسهولة من السطح الملوث خلال النقل في الظروف العادية) على مساحة لا تقل عن 300 سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو المأخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز (4) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية، أو (0. 4) بكريل/سم^2 لجميع بواعث الفا الأخرى

2- اذا كان المعدل الوسطي للتلوث الثابت على مساحة لا تقل عن 300

سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو الماخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز ($4x10^4$) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية ,أو ($4x10^3$) بكريل/سم^2 لجميع بواعث ألفا الأخرى

3 - اذا كان المعدل الوسطي للتلوث الثابت مضافا اليه التلوث غير الثابت على مساحة لا تقل عن 300 سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو الماخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز ($4x10^4$) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية ، أو ($4x10^3$) بكريل/سم^2 لجميع بواعث ألفا الأخرى

ب – جسم ملوث السطح من الفئة الثانية (SCO-II)

يصنف في هذه المجموعة جميع الأجسام التي يزيد تلوث سطوحها عن الفئة الاولى (SCO-I) بشرط مراعاة الحدود التالية:

1- اذا كان المعدل الوسطي للتلوث غير الثابت على مساحة لا تقل عن 300 سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو المأخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز (400) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية، أو (40) بكريل/سم^2 لجميع بواعث ألفا الأخرى

2- اذا كان المعدل الوسطي للتلوث الثابت على مساحة لا تقل عن 300 سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو الماخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز ($8x10^5$) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية ، أو ($8x10^4$) بكريل/سم^2 لجميع بواعث ألفا الأخرى

3 - اذا كان المعدل الوسطي للتلوث الثابت مضافا اليه التلوث غير

الثابت على مساحة لا تقل عن 300 سم^2 من سطح يمكن الوصول إليه أو المأخوذ على كامل السطح في حالة الأجسام الأصغر مساحة لا يتجاوز ($8x10^5$) بكريل/سم^2 لبواعث أشعة جاما وجسيمات بيتا وألفا المنخفضة السمية ،أو ($8x10^4$) بكريل/سم^2 لجميع بواعث ألفا الأخرى .

4 – معدل النشاط الاشعاعي النوعي للجسم ذاته أقل من (70) بكريل/ جرام .

أهم مصادر التلوث بالمواد المشعة المتكونة طبيعيا NORM:

– استخراج المعادن من المناجم. تتركز نظائرNORM أو تنبعث خلال عملية استخراج وتصنيع المعادن.

– رماد الفحم المتطاير من احتراق الفحم في محطات توليد الطاقة.

– الملوثات الفوسفاتية تنتج من عملية تصنيع الأسمدة الفوسفاتية وعملية تنقية حامض الفسفوريك حيث تنتج ملوثات تتركز فيها المواد المشعة طبيعيا وهي الفوسفوجبسوم .

– استخراج اليورانيوم من المناجم.

– الملوثات الناتجة عن صناعة النفط والغاز والتي تتولد من المواد الهيدروكاربونية في التشكيلات الجيولوجية .

- إعادة تدوير الملوثات المعدنية

– الملوثات المشعة الناتجة من منشاة معاملة المياه. الماء النقي أومياه المجاري تعامل بواسطة مواد الامتصاص sportive media لذلك فان المواد الناتجة من عملية التبادل الايوني لتصفية المياه تكون ملوثة إشعاعيا .

1 - 2- الغرض من تعليمات الممارسة بالمواد المشعة المتكونة طبيعيا هو وضع معايير الوقاية الإشعاعية لحيازة أو استخدام أو نقل ملكية هذه المواد أو التخلص منها. معرفة احتمال المخاطر الصحية لهذه المواد والتحكم بها لوقاية

العاملين والجمهور والبيئة.

1 -3- تطبق هذه القواعد على كافة الأشخاص الذين يملكون أو يستخدمون أو ينقلوا المواد المشعة المتكونة طبيعيا أو يتخلصوا منها.علما بان هذه القواعد لا تطبق على المواد المشعة الطبيعية مثل سلاسل الثوريوم واليورانيوم في التشكيلات الجيولوجية أو الأتربة التي لا تتدخل فيها نشاطات الإنسان لتعزيز تركيز المواد المشعة الطبيعية.

1 -4- النويدات المشعة التي تم تشخيصها وقياسها في دفق الغاز والنفط هي نواتج تحلل السلسلتين الطبيعيتين للعناصر المشعة الأرضية وهي U^{238} وTh^{232}. تمتاز هذه السلاسل بفترة عمر نصف طويلة وتواجدها في التربة بنسب تعتمد على التركيب الجيولوجي لتلك الأرض.

1 -5 – يمكن فهم ميكانيكية تكون المواد المشعة المتكونة طبيعيا من دراسة شكل (1)

a - العناصر المشعة (U^{238} أوTh^{232}) ، لا تنتقل مع الماء المتكون من صخور الآبار النفطية التي تحتوي النفط والغاز.

b - نظائر الراديوم مثلRa^{226} الناتج عن تحلل سلسلةU^{238}. وكذلك Ra^{228} وRa^{224} الناتجة عن تحلل سلسلة الثوريوم Th^{232} شكل (2) تنفذ من المكون النفطي وتظهر في الماء الناتج عرضيا من النفط أو الغاز وتسمى هذه النظائر غير المسندة (unsupported) لأن نظائر السلسلة الأصلية الأولى لكل من U^{238} و Th^{232} تبقى في البئر.

c - الدفق المتكون من النفط والغاز والماء يحتوي على غاز الرادون المشع Rn^{222} والذي يتولد في البئر نتيجة لانحلال Ra^{226} و ينتقل من مواقع الإنتاج مع دفق الغاز- الماء ثم بعد ذلك يفضل الانتقال مع الغاز الجاف المنتقل في الأنابيب.

d- الرصاص المشع Pb^{210} الناتج عن انحلال (Rn^{222}) ينتقل مع الماء (الغاز والنفط) وقد يترسب على السطح الداخلي لخطوط نقل الغاز.

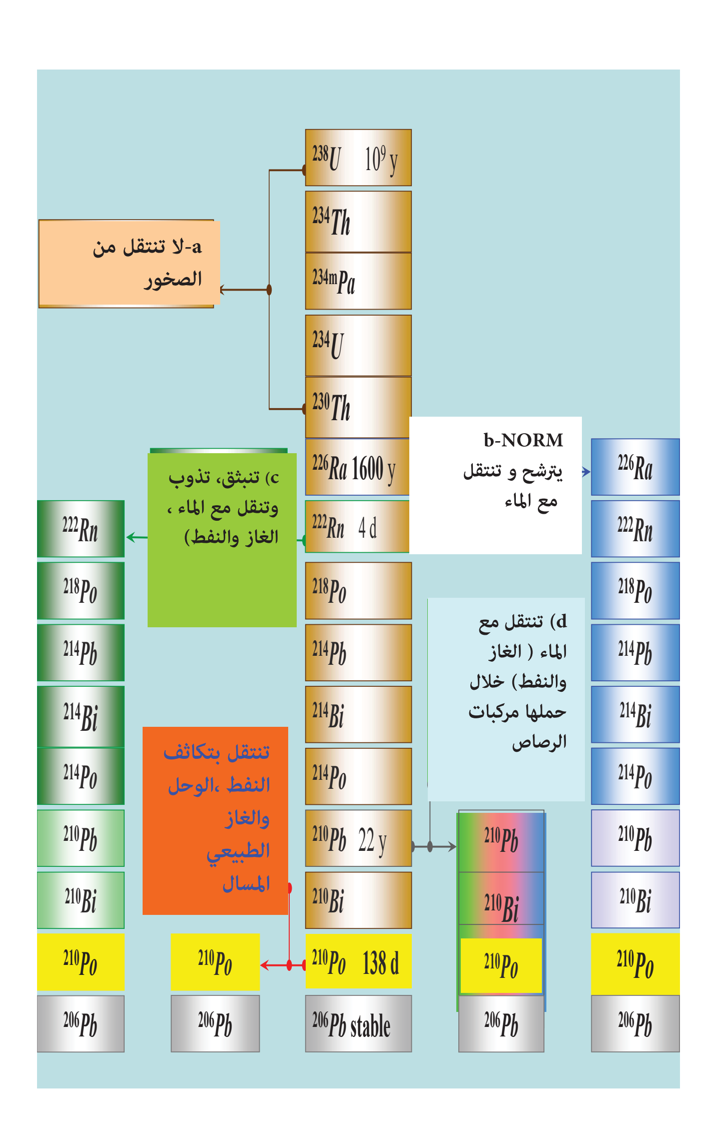
e- ينتقل الرصاص المشع Pb^{210} ويتكاثف النفط أو الغاز الطبيعي المسال ويترسب Pb^{210} داخل الأنابيب الناقلة للغاز أو في المعدات عند فوهة أبار الغاز بشكل طبقة رقيقة سوداء.

1 -6 - مستوى النشاط الإشعاعي لنظائر الراديوم في الماء المنتج و الوحل والرواسب الحرشفية الصلبة يسمى بالنشاط الإشعاعي النوعي او التركيز ويقاس بوحدة pCi/gm (Bq/gm) في المواد الصلبة أو Bq/L في السوائل.

وعادة ما يقاس التركيز الكلي للراديوم او يقاس تركيز Ra^{228} و Ra^{226} بشكل منفصل . ولان تركيز Ra^{228} عادة أكبر بثلاث مرات من Ra^{226} تركيز فيعتبر النظير الأول هو الأساس في القياس وكذلك فان القياسات الحقلية البسيطة لا تفرق بين نضيري الراديوم وتقيس التركيز الكلي للراديوم .

1 -7 - سلسلتي Th^{232} و U^{238} ونواتج انحلالهما مثل Rn^{222} والثورون ذات أعمار النصف الطويلة وموجود بتراكيز مختلفة في فوهة بئر إنتاج الغاز. هذه النويدات سوف تلتصق الى جسيمات المواد وتتراكم في معدات عمليات إنتاج الغاز مثل المضخات والمرشحات ، ويؤدي في نهاية المطاف إلى تركز نظير Pb^{210} وتترسب بشكل طبقة رقيقة جدا من Pb^{210} وبنشاط إشعاعي نوع عالي يصل إلى 1000 Bq/g على سطح هذه المعدات أو تكون أحيانا غير مرئية.

شكل (1-1) ميكانيكية تكونNORM من انحلال سلسلة ^{238}U



شكل (1-2) ميكانيكية تكونNORM من انحلال سلسلة ^{232}Th



1 -8 - الطريق الآخر لتركيز النويدات المشعة يحصل في منظومات التكثيف ، و في حالات نـادرة يوجـد ^{210}Po بشكل مادة سوداء.ينجم عن أعمال التنظيف. هذه نفايات مشعة تحـوي تراكيـز ملموسـة مـن المواد المشعة الطبيعية، و لهذا يجب أن يجري نقلها أو التخلص النهائي منهـا بطرائـق سـليمة و ضـمن معايير التخلص من المواد المشعة.

1 - 9 - ترسب النويدات يميل إلى أن يكون بـشكل أوحـال sludge في معـدات العمليـات. وكـذلك تترسـب بشكل مواد حرشفية صلبة scales لكبريتات الأوحال وتكون ذات نشاط اشعاعي واطـئ LSA . يمكـن أن تتراكم المواد الصلبة في معدات العمليات مثل الأنابيـب ، الـسخانات ، الفواصـل و خزانـات الميـاه المالحـة.

وجود نظائر NORM ليس ناتجة عن ترسب الأوحال أو الرواسب الحرشفية الصلبة فقط وإنما كذلك عن رواسب أكسيد الحديد (الصدأ) ورواسب السيليكات ، وفي حالات نادرة تكون الرواسب بشكل كبريتات الراديوم النقي وبنشاط عالي جدا . وجود نظائر NORM في حقول النفط في كثير من الأحيان يعود إلى حقن الماء في الآبار المنتجة. هذا يمكن أن يؤدي إلى إنتاج رواسب صلبة ثقيلة من خلال خليط المياه المختلفة كيميائيا. وتجدر الإشارة إلى أن حقن المياه لا يعد شرطا مسبقا لترسيب نظائر NORM. بعض المستويات النموذجية المحددة للنشاط الإشعاعي للراديوم موضحة في الجدول (1- 1).

1 - 10 من أهم أنواع التلوث بنظائر NORM :

الماء المنتج من البئر يكون ملوث بنظائر الراديوم الذائبة في الماء والواصلة إلى السطح . يقدر تركيز الراديوم في الماء المنتج من كمية قليلة لا يمكن للأجهزة قياسها إلى 2800 pCi/L. والراديوم المذاب قد يترسب أو يبقى في الماء ويعتمد ذلك على ملوحة الماء ودرجة الحرارة والضغط .91% من الماء المنتج يعاد ضخة إلى داخل البئر لغرض زيادة استخراج النفط و% 9 يضخ إلى سطح البئر الخارجي.

جدول (1-1) مواقع الترسبات الصلبة لنظائر NORM

الوصف	الجرعة الخارجية (μGy/h[1])	السمك (mm)	نشاط إشعاعي (Bq/g)
الأنابيب السفلية ,صمامات الأمان.	300 – 100	6 - 0.5	15,000-40
فتحة البئر	0.2 - 0.1	2 - 1	200 - 50
أنابيب الإنتاج المتفرعة	0.2 - 0.1	50 - 10	200 - 150
الخط قبل مرحلة الفصل الأولى	0.5 - 0.3	5 - 1	300 - 200
الرواسب الحرشفية الصلبة في الفواصل	10 <	متغير	2,500 <
المجففات		وحل	30 - 20
الماء الخارج من المجفف	0.5 <	3 - 2	100 - 50
الماء الخارج من خلايا التعويم	0.5 <	50 <	400 - 150
مضخات النفط ألدافعه في النقل البحري		1 - 0.5	400 - 250
مياه البحر وإنتاج المياه المنتجة المطروحة خارج السفينة		50 <	500 - 50
مجموعة القياس		1 - 0.5	600 - 350

[1] - لأغراض بيئية وضعت الهيئة الدولية للبيئة عامل التحويل Sv per Gy 0.7

وفي الخليج العربي فان تركيز اليورانيوم المذاب فيه يصل حوالي 5 ppb وقد وجدت تراكيز عالية نسبيا لليورانيوم في الماء المنتج من الآبار. من أهم أنواع المواد المشعة طبيعيا :

1- الرواسب الصلبة الحرشفية Scale تنتقل السوائل من البئر إلى معدات الإنتاج على السطح خلال عمليات المعالجة المختلفة وخلال عملية الانتقال، تتغير الخواص الكيميائية والفيزيائية (الضغط و الحرارة، ...) لسوائل الإنتاج.

تؤدي هذه التغيرات إلى انخفاض ذوبان الراديوم والعناصر الأخرى المشابهة كيميائياً كالكالسيوم و السترونشيوم و الباريوم، فترسب لتكوِّن رواسب صلبة أو وحلاً. تترسب المواد المشعة الطبيعية في مكونات كثيرة منها الفتحة السفلية لأنبوب النفط داخل البئر، المعدات المركبة على سطح الأرض و معدات الإنتاج كمعدات تمرير المياه، الخزانات، مناطق رشح المياه المالحة ، و على سطح البئر كذلك. يؤدي تراكم المواد المشعة الطبيعية إلى ارتفاع المستويات الإشعاعية الطبيعية والتي تأثر على العاملين بجرع تعرض خارجية أو داخلية. وبشكل عام فان تراكيز نظائر الراديوم اقل في الأوحال مما هو في الرواسب الصلبة الحرشفية والعكس للرصاص المشع Pb^{210} حيث أن تركيزه قليل في الرواسب الصلبة الحرشفية ويصل تركيزه في الوحل إلى أكثر من 1000 Bq/ gm. بالرغم من أن نظير الثوريوم لا ينتقل من المكمن النفطي أو الغازي لكن نواتج انحلال Th^{228} وهو نظير Ra^{228} يبدأ بالزيادة و يترسب بشكل رواسب صلبة حرشفية والتي بزيد تركيزها بمرور الزمن حتى يزداد تركيز Th^{228} إلى 150 % عن تركيز Ra^{228}.

2-الوحل (الطين) Sludge تتكون ترسبات الأوحال من تجمع الهيروكاربونات الثقيلة ، المستحلبات المرتبطة بقوة ، الرمل، و قليل من نواتج تأكل أجهزة ومعدات الحفر . يكون تركيز الراديوم في الوحل قليلا مقارنة

بالرواسب الصلبة ويـتراوح بـين الخلفيـة الإشـعاعية إلى pCi/gm300 .يـتراكم الراديـوم في الوحـل مـع السيليكات والكربونات في داخل الأنابيب ، أجهزة الفصل الخزانات والمعدات الأخرى التي تتعامل مع الماء المنتج . الجزيئات المشعة التي تحتوي الراديوم والتي لم تتحـد مـع الرواسـب الحرشـفية يمكـن أن تتواجد في الأوحال والرمال المتولدة أو الماء المتولد . كذلك توجد نظائر مشعة أخرى مثل ^{210}Pb و Po ^{210} في الترسبات التي تقشط من الأنابيـب وكـذلك بـشكل وحـل (طـين) يترسـب في قعـر الخزانـات ، أجهزة فصل النفط عن الغاز، وخزانات الغاز الطبيعي السائل و في الترسبات التي تقشط من الانابيـب .غاز الرادون مختلف بعض الشيء عن نظائر الراديوم، التي تلتصق بالرواسب و الوحل، لأنة غاز خامل في درجة الحرارة و الضغط النظـاميين، و هـو يتحلـل بعمـر نـصف قـصير. وتبقـى وليداتـه في الـشبكة البلورية للرواسب الصلبة و الوحل تماما، و الذي يؤدي إلى زيادة في مستوى أشـعة جامـا الـصادرة مـن هذه الرواسب، لوجود الرصاص 214 والبزموث 214.

1 –11 يؤدي تجمع غاز الـرادون في الأوعيـة المغلقـةٍ (خزانـات الفـصل) وبقـاءه فـترة مـن الـزمن إلى حصول حال التوازن الإشعاعي بينة وبين كل من الرصاص 214 و البزموث 214 و إذا ما تم إخراج غـاز الرادون من الحاوية أو خزان التجميع من فتحات التهوية و ترك الباقي لبضع ساعات يتفكك كـل مـن الرصاص- 214 و البزموث - 214 فيقل نشاطهما الإشعاعي ويمكن بعد ذلك الـدخول إلى الخـزان دون التعرض لِغاز الرادون ووليداته.

1 - 12- تقع نقطة غليان غاز الرادون بين نقطة غليان غاز الإيثان و غاز البروبـان، ولوجـود مـستويات عالية من غاز الرادون في المضخات و الخزانات و خطوط الإنتاج المرافقة لمعالجة الإيثـان والبروبـان في منشآت معالجة الغاز، أكثر منه في في خط إنتاج النفط. يمكن أن توجد مستوَيات مرتفعة مـن الإشـعاع

في محطات إنتاج الغاز و خاصة عندما تخزن كميات كبيرة من الغاز .

1 - 13- لا توجد المواد المشعة الطبيعية بنشاط إشعاعي كبير في الآبار النفطية الحديثة بسبب قلة حقن المياه ، و لكن ترسب المواد المشعة الطبيعية يزداد باستخدام حجوم كبيرة من المياه لرفع الضغط على النفط الخام لغرض اخراجه إلى السطح، و هذا يؤدي إلى إنتاج حجوم كبيرة من المياه. التركيز الأعلى للمواد المشعة الطبيعية يظهر في فوهة البئر(Wellheads) أو عند أنابيب الإنتاج قرب فتحة البئر، وأقل تركيز يكون في قاع خزانات النفط الخام.

الفصل الثاني

نقل وخزن المواد المشعة

الطبيعية المتكونة NORM

أ - النقل

2 - 1 - يستند نقل المواد والمعدات الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM على القوانين والتعليمات الصادرة من الوكالة وثيقة السلامة رقم(6). أن قوانين النقل تطبق فقط للمواد التي يكون نشاطها الإشعاعي النوعي لوحدة الكتلة بدون التغليف أكثر من kBq/kg 70 ،أما إذا كانت أقل من هذه القيمة فتعتبر مواد مستثناة من نقل المواد المشعة.

2 - 2 وثيقة السلامة رقم (6) لم توضح طريقة حساب النشاط الإشعاعي النوعي لغرض الإعفاء أو الاستثناء للسلاسل المشعة طبيعيا. ومع ذلك فقد أوصت الوثيقة بأنه لغرض حساب حدود النشاط الإشعاعي بالنسبة لمتسلسلات المواد المشعة فإن نويدات الأم والوليدات تعتبر كمزيج من نويدات مختلفة نصف عمرها أكبر من(15) يوم أو اكبر من نصف عمر الأم.

2 - 3 – اذا كان النشاط الاشعاعي للمواد الملوثة المراد نقلها اقل من (70) Bq/g والذي يطبق لمجموع النشاط الإشعاعي للنويدات ^{226}Ra ، Pb^{210} ، Ra^{228} ، Th^{228} فانها لا تخضع لتعليمات النقل الآمن للمواد المشعة.ولكن يجب ان تتضمن وثيقة الشحن بان المواد هي المواد المشعة المتكونة طبيعيا NORM وان تغلف جيدا بحيث لا يمكن ان يتسرب من تغليفها أي مادة . وفي هذه الحالة لا يوضع على الرزمة أي علامات للاشعاع .

2- 4 - عند بدء النقل ينبغي تنفيذ ما يلي :

1- شرح موجز لعمال النقل وفريق العمل لطريقة العمل والوقاية الواجب اتخاذها أثناء النقل، ونوعيتهم بالمخاطر المحتملة قبل البدء بالعمل. التقليل

بشكل عملي ومعقول قدر الإمكان من العمالة المشاركة في العمل.

2 - استخدام معدات الوقاية الشخصية والمتكونة من بدله ذات استخدام واحد تغطي الجسم باجمعه وأحذية السلامة و القفازات المطاطية والكمامات.

3 - ينبغي تعيين معامل النقل TI(Transport index) لكل برميل وذلك بقياس مكافئ الجرعة الإشعاعية مقاسه (μSv/hour) على بعد متر واحد من سطح البرميل مقسوما على 10 . وكذلك قياس مكافئ الجرعة الإشعاعية على سطح البرميل مباشرة والغرض من هذه القياسات هو اختيار العلامة التحذيرية المناسبة التي تلصق على البرميل كما في جدول (1- 2) ووضع إشارة النقل الإشعاعية الصفراء على الحاوية الحديدية التي تخزن بداخلها البراميل ومن الجهات الأربع للحاوية التالية.



جدول (2 -1) الإشارات التحذيرية و معامل النقل

الإشارة التحذيرية	مكافئ الجرعة الإشعاعية على سطح البرميل	معامل النقل (TI)
I - WHITE	اقل من 5 μSv/hour	اقل من 0.05
II – YELLOW	اكبر من 5 μSv/hour واقل من 500 μSv/hour	من ا 0.05 واقل من واحد μSv/hour
III – YELLOW	اكبر من 500 μSv/hour واقل من 2000 μSv/hour	اكبر من 1 واقل من 10

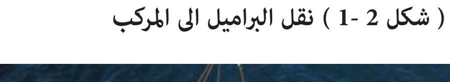
في حالة النقل من المنصات البحرية بواسطة البواخر يجب التقيد بما يلي :

المرحلة الاولى:

1 - منطقة العمل في المنصة البحرية يجب أن تكون معزولة ومحجوزة قبل بدء عملية النقل.

2 - منطقة العمل (التحميل) يجب أن تحوي أقل عدد من الأشخاص و يمنع تواجد أحد أثناء الرفع و التنزيل.

3 - نقل البراميل ضمن حاوية نقل بشكل سلة متخصصة بالمواد الخطرة ذات قضبان فولاذية بواسطة رافعة المركب (شكل **1**- **2**)



(شكل 2 -1) نقل البراميل الى المركب



4 - التأكد من النقل الآمن و السليم للبراميل وعدم اهتزاز السلة أثناء النقل من

منطقة الخزن المؤقت في الطابق الخامس في المنصة البحرية.

5 - التأكد من حصول رافعة النقل على شهادة صلاحية للنقل الآمن.

6- التفتيش المسبق لمعدات النقل المستخدمة.

7 - توفير براميل وأغطية احتياطية في مكان العمل لاحتواء أي تسرب طارئ (10 براميل – 15 غطاء)

8 –خراطيم ماء الحريق و الطفايات يجب أن تكون جاهزة في منطقة العمل لغسل منطقة التسرب إن حدث.

المرحلة الثانية: وضع البراميل داخل حاويتى الخزن الحديدية الموضوعة على المركب:

1 – توضع سلة النقل عند باب الحاوية الحديدية على سطح المركب وتنقل البراميل إليها وتوزع البراميل الملوثة بحيث تكون البراميل ذات النشاط الإشعاعي العالي في الوسط و المنخفضة على الأطراف ضمن كل حاوية. (شكل **2- 2**)

2 - يجب أن يبقى في المركب خلال النقل أقل عدد من الأشخاص المدربين والمفتشين المرافقين لعملية النقل.

3 - الحاويات الحديدية المنقولة يجب أن تكون مؤمنة بشكل جيد بواسطة السلاسل.

4 - البراميل داخل كل حاوية يجب أن تكون مثبتة في أماكنها وضع العلامات التحذيرية للاشعاع على الجهات الاربعة للحاوية.

المرحلة الثالثة: تنزيل الحاويات الحديدية من المركب إلى سطح عربة مقطورة في الموقع الارضي المعد للخزن المؤقت :

1- التأكد من حصول رافعة النقل على شهادة صلاحية للنقل الآمن.

2- التفتيش المسبق لمعدات النقل المستخدمة.

3 - منطقة التحميل يجب أن تكون معزولة ومحجوزة قبل بدء عملية النقل.

- 4منطقة العمل (التحميل) يجب أن تحوي أقل عدد من الأشخاص و يمنع تواجد أحد أثناء الرفع و التنزيل.



(شكل 2 -2) ادخال البراميل الى الحاوية في الباخرة داخل حاويتي الخزن الحديدية



5 - بعد ذلك يتم رفع الحاويات من الباخرة إلى العربة المقطورة وجب أن ينفذ بموجب تصريح العمل الرسمي

6- لا تتجاوز سرعة العربة 20 كم/ساعة

7 - يجب أن تؤمن الحاويات على العربة المقطورة بشكل صحيح وآمن بواسطة سلاسل ربط محكمة

8 - يجب أن يبقى خلال النقل أقل عدد من الأشخاص وتتقدم العربة سيارة تطلق طوتا للتنبيه وان يكون الطريق بين منصة النقل والمخزن الموقت خاليا .

9 – تنزل الحاويات بشكل بطيء من العربة إلى موقع الخزن المهيأ مسبقا.

2 - 5 – لا يجوز نقل المواد الملوثة بالمواد المشعة طبيعياNORM مع مواد اخرى في واسطة النقل.

2 - 6 – البواخر التي تنقل المواد الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا NORM يجب أن تستخدم حاوية نقل معزولة عن الحاويات الأخرى ومعلمة بإشارات المواد المشعة.

2 -7 – قبل نقل المواد الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا ينبغي اعلام الجهة التي سوف تستلمها. ويجب ان تكون لدى سائق الشاحنة او قبطان الباخرة خطة مكتوبة للطوارئ وقد درب عليها فبل ذلك .

2 -8 - نماذج الترسبات الصلبة والوحل التي تنتقل من أجل التحليل النظائري تعتبر طرود مقبولة.

2 -9 – المعدات مثل الأنابيب والصمامات ليست هي بذاتها نشطة إشعاعيا ولكنها ملوثة سطحياً ويجب عند نقلها اعتبارها أجساماً ملوثة سطحيا (SCO-11,SCO-1) ويعتمد التعامل معها على مستوى التلوث المستقر وغير المستقر بجسيمات بيتا وألفا ذات السمية الواطئة.

2 -10 - تطبق حدود بواعث جسيمات ألفا ذات السمية العالية الناتجة عن إنتاج النفط والغاز والموضحة في الجدول (2 - 1).

2 -11 - المواد من المجموعة (SCO1) يمكن نقلها بدون تغليف في طرود صناعية من النوع IP-1 إذا اتخذت الإجراءات الضرورية لعدم تسرب المواد المشعة خلال النقل. أن النقل للمواد غير المغلفة يكون عملياً.

2 -12 -أنابيب الإنتاج تغليف نهايتها لمنع انتشار المواد المشعة. أما المواد الكبيرة الملوثة مثل الصمامات والمضخات بحيث تغليفها جيداً وأخذ كل الاحتياطات اللازمة لعدم انتشار الملوثات واستخدام فلنجات مغلقة (Blind flanged).

2 -**13** -الكميات الكثيرة نسبياً للملوثات الصلبة الناتجة عن الوحل أو الترسبات الصلبة في الخزانات وأوعية الفصل والمواد الكبيرة المزال تلوثها، تنقل في براميل أو خزانات تنطبق عليها شروط الطرود الصناعية نوع (IP-2) كصنف LAS-11.

2 -**14** - معدات الإنتاج التي تحتوي على ترسبات مشعة صلبة تنتقل من المواقع البحرية الى المواقع البرية تصنف حسب النشاط الإشعاعي فالمعدات التي تكون الجرعة على سطحها الخارجي 2.5µGy/h تعتبر معدات ذات تلوث نوعي واطئ (LSA) تبقى الملوثات داخلها وتحفظ في أغطية بلاستيكية.

جدول(2 - 1) التلوث المسموح لبواعث جسيمات ألفا ذات السمية العالية لغرض النقل(-SCO (SCO-11,1

نوع التلوث السطحي	SCO-1 Bq/cm^2	SCO-11 Bq/cm^2
جسيمات ألفا غير المستقرة على السطوح التي يمكن الوصول إليها	0.4	40
جسيمات ألفا المستقرة على السطوح التي يمكن الوصول إليها	4x10^3	8 x10^4
المجموع الكلي لبواعث ألفا المستقرة وغير المستقرة على السطوح التى لا يمكن الوصول إليها	4x10^3	8 x10^4

اما المواد الملوثة ذات النشاط الإشعاعي النوعي أكثر من 100 - 70 Bq/gm

تعتبر ملوثات ذات تلوث واطئ (LAS) أو إذا كانت قراءة الكاشف أكثر مـن الخلفيـة الإشـعاعية بـثلاث مرات ومعدل الجرعة يتجاوز 200 nSv/h بعد التقصي والقياسات التي تثبت ذلك ويجب خزنها بـشكل مؤقت وقياسها بتفانة اطياف جاما فإذا كان النشاط الإشعاعي اكبر مـن القـيم المحـددة فيـتم الـتخلص منها, أما إذا كان النشاط الإشعاعي النوعي اقل من ذلك فتعتبر ملوثات اعتيادية. جدول (2 - 2).

الجدول (2 - 2) معاملة المواد الملوثة بنظائر NORM

القيم المحسوبة للنشاط الإشعاعي النوعي	المعاملة
أقل من 50 Bq/gm	**تعامل كملوثات اعتيادية .**
اكبر 50 Bq/gm في حالة تحليل كمية من المواد كتلتها أقل من 100kg	**تعتبر كملوثات ذات نشاط نوعي واطئ LSA**
أكبر من 50 Bq/gm في حالة تحليل كمية من المواد كتلتها أكبر من 100kg	**نحتاج الى تحاليل كيماوية وإشعاعية قبل معاملتها النهائية**

2 -15- عند نقل المواد المشعة الطبيعية يجب على الشركة تنظيم سجلات تتضمن:

- وصف للمواد المشعة الطبيعية (مواد طلبة حرشفية، اوحال ، سكراب او اجهزة ملوثة).
- كمية المواد الملوثة المنقولة.
- واسطة النقل .
- الموقع النهائي لخزنها .

ب – الخزن

2 -16- يجب ان يحتوي تصميم المخزن على منطقتي المراقبة control Area و منطقة السيطرة supervised Area. الدخول الى منطقة السيطرة يكون بضوابط خاصة لتقليل التعرض للاشعاع المؤين ، او تقليل أي احتمال لحصول حادث اشعاعي .

منطقة السيطرة :

- تنشأ هذه المنطقة في الاماكن التي قد يتعرض فيها العاملين في الاشعاع الى الى جرعات قد تزيد عن (3/10) لحدود الجرعات المكافئة او الفعالة السنوية للعاملين يزيد عن 6 ملي سيفرت /سنة).
- الجرعة الفعالة داخل المخزن لا تزيد عن 7.5 μSv/h .
- **يراقب طريق الاقتراب من المناطق المراقبة بوسائل ادارية** مناسبة كتصاريح الدخول والعمل ويقتصر الدخول على المفتشين وضابط الوقاية فقط. تتناسب شدة المراقبة مع طبيعة المخاطر المحتملة ، لاسيما توفير الملابس الوقائية او معدات رفع المصادر .
- يحيط المنطقة وسائل ثابتة مثل مخزن مبني من الحجر أو الاسمنت أو حاوية حديدية كبيرة ، تقفل الأبواب بمفتاح ، يزود المبنى أو الحاوية بفتحة مناسبة تثبت عليها مروحة لطرح الغازات الى الخارج وخاصة غاز الرادون المشع . ويوضع في الداخل جهاز لقياس الاشعاع مزود بتحذير صوتي او ضوئي عند زيادة الجرعة عن الحد المقرر لها. المناطق التي سستخدم فيها المصدر بشكل متقطع أو ينقل من مكان إلى آخر فانه يتم تعيين المنطقة المراقبة الملائمة واحاطتها بالحواجز وتحدد أوقات وفترات التعرض بالوسائل الملائمة.

منطقة الاشراف :

منطقة الاشراف هي المنطقة التي قد يتعرض فيها العاملين في الاشعاع مهنيا يحيط بالمخزن من الخارج وتكون في معظم الحالات بشكل سياج من مشبك حديدي وتتميز المنطقة

- المنطقة التي لا تتجاوز عندها الجرعة عن µSv/h 2.5 والناتجة عن التعرض للاشعاع المؤين بحيث لا تزيد عن (1/10) لحدود الجرعات المكافئة او الفعالة السنوية للعاملين).
- توضع على هذه المنطقة علامات التحذير من الاشعاع

2 -17- يجب جمع وتخزين المواد الصلبة المشعة طبيعيا (NORM) مثل الأنابيب والأجهزة الملوثة قبل اتخاذ أي إجراء لغرض التخلص من هذه الملوثات و ترخص مواقع التخزين من السلطة الرقابية.

2 -18- ينبغي إخراج هذه التجهيزات من منشأة الإنتاج أو موقع المحطة بين فترة وأخرى، لتخزينها في موقع مركزي قبل صيانتها أو إزالة التلوث عنها، أو التخلص النهائي منها، و ذلك لتفادي تعرض العاملين إلى الإشعاع لهذا لا بد من وجود مخزن مركزي، لكل شركة نفط أو كل حقل تظهر فيه مشكلة المواد المشعة الطبيعية، لكي تخزن فيه هذه التجهيزات.

19-2 أهم متطلبات مخازن المواد الصلبة المشعة طبيعيا (NORM):

1– توفر علامات واضحة لتوضيح الغرض من الموقع.

2 - توفر علامات تحذيرية من الإشعاع.

3- يجب أن تخزن الحاويات والتجهيزات الحاوية لموادًّ مشعة طبيعية في مخازن مأمونة و ذات تهوية مناسبة لمنع تراكم غاز الرادون . و يحدد دخول الأشخاص إليها.

4- أن تكون أبعاد المخزن لا تقل عن 4x6 متر يكون بحيث لا يزيد مستوى

الإشعاع في محيطه الخارجي على 2.5 µ Sv/h.

5 - يجب أن تخزن المواد ذات النشاط الإشعاعي المرتفع في مركز المخزن و ذلك لتقليل مستوى الإشعاع إلى الحد الأدنى في محيط المخزن.

6 - يجب التأكد بأنَّ التجهيزات و حاويات المواد المشعة في موقع التخزين مأمونة وموثقة في سجلات خاصة.

7- تقليل كميات النفايات المشعة المتولدة.

في كثير من الحالات قد تكون هناك حاجة للتخزين المؤقت قبل التخلص النهائي من النفايات المشعة الطبيعية .عندما يتم تخزين النفايات المشعة الطبيعية ، ينبغي أن توضع في حاوية مناسبة والتي ينبغي أن تمتثل للشروط التالية:

- تكون الحاوية فى حالة جيدة ولا توجد أي مؤشرات واضحة على تلفها من الداخل أو من الخارج او حصل فيها تآكل ، وتكون مصنوعة من مواد متينة من النوع الذي يتيح احتواء كافة النفايات المشعة خلال فترة التخزين.
- بعد وضع ملوثات NORM يتم قياس التلوث الاشعاعي السطحي المنبعث من جسيمات بيتا واشعة جاما المرافقة لها اكبر من 4 بيكرل /سم^2 فيجب ازالة التلوث بالطرق المناسبة مثل غسل السطح بالماء بعد وضع الحاوية في حوض مبطن بالبلاستك لغرض جمع الملوثات الناتنجة عن الغسل بعد التجفيف وعند عدم زوال الملوثات توضع في حاوية أكبر حجما.
- ينبغي أن تتكون من مواد سطحها الداخلي من مواد لا تتفاعل مع أو تكون غير متوافقة مع النفايات المشعة حتى لا تضعف من قدرة الحاويات أو الانتقاص منها.
- يجب إغلاقها بشكل محكم أثناء التخزين ، يمكن فتحها أو إعادة غلقها بسهولة عندما يكون ذلك ضروريا لغرض إضافة أو إزالة النفايات.المشعة

- ينبغي أن لا تفتح ، أو تعالج ، أو تخزن بطريقة قد تمزق الحاوية أو تسبب التسرب.
- ينبغي أن تلصق عليها علامات الإشعاع التي تشير بوضوح إلى أنه يحتوي على نفايات ملوثة.
- ينبغي أن تراعي أي مواد أخرى التي قد تكون موجودة في محتويات النفايات المشعة (الزيوت والشحوم أو المواد الكيميائية ، الخ).
- ينبغي أن تكون مقاومة لمدى درجات الحرارة المتوقعة في بيئة التخزين.
- ينبغي أن تكون مقاومة للدخول المياه.
- يجب أن يتم التخزين في بيئة جافة لمنع التآكل.
- ينبغي أن تكون قوية لمنع الضرر أثناء النقل.
- يجب أن تكون أرضية موقع التخزين صلبة لمنع تلوث المياه الجوفية /المياه السطحية ، وعدم تلوث الأرض من أي تسرب محتمل / انسكاب نتيجة الحوادث خلال فترة التخزين.
- ينبغي أن ترصد إشعاعيا المناطق التي يتم فيها تخزين حاويات للنفايات المشعة الطبيعية NORM بشكل منتظم لغرض الكشف عن علامات التسرب ، والتدهور العام ووضع العلامات المناسبة. ويجب توثيق عمليات التفتيش هذه والحفاظ عليها بشكل صحيح

الفصل الثالث

مستويات الاستثناء (الإعفاء)

للمواد المشعة الطبيعية

3 - 1 منشور معايير السلامة 115 للوكالة الدولية للطاقة الذرية اعتمد مفهوم الإعفاء على النفايات الناتجة عن الممارسات الإشعاعية. ووضح المنشور بان الممارسات والمصادر و النفايات الناتجة عنها قد تعفى من المتطلبات التشريعية وهي الإخطار ، التسجيل أو الترخيص إذا كان تركيزها أو نشاطها الإشعاعي لا يؤدي إلى مخاطر ملموسة.

2 - 3- الدول الأوروبية ، والولايات المتحدة الأمريكية والعديد من الدول ومجموعة من الهيئات الدولية مثل منظمة الاغذيه والزراعة FAO والوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA ، ومنظمة العمل الدولية ILO ، منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD ، ومنظمة الصحة العالمية WHO قد وضعت تشريعات للنظام الاساسى الذي يتعلق بعمليات الاستخراج ، التعدين ، الإنتاج ، والمعالجة ، الاستخدام ، النقل ، والطرح ، التخزين ، وإعادة تدوير الأدوات والمعدات الملوثة بالمواد المشعة . بالرغم من ذلك فان دول كثيرة لا توجد فيها أنظمة وطنية فيما يتعلق بالتعامل مع المواد المشعة الطبيعية NORM.

3 - 3- السلطات الرقابية الهولندية اعتبرت المواد المشعة الطبيعية (NORM) والناتجة من عمليات إنتاج الغاز والنفط ليست مواد مشعة طبيعياً، لأنها تكونت وتعززت صناعياً لذلك فان قيم مستوي الإعفاء والبالغة 100 Bq/gm تأخذ بنظر الاعتبار جميع نواتج الانحلال الإشعاعي للسلاسل الطبيعية المشعة. وعلى هذا الأساس يتم قياس تركيز النشاط الإشعاعي لكل نظير مشع حسب المعادلة التالية:

$Ra^{226} \times 6 + Pb^{210} \times 3 + Ra^{228} \times 2 + Th^{228} \times 7$ -----1

وبذلك يمكن إيجاد تركيز النشاط الإشعاعي الكلي.وأوضحت السلطات الرقابية الهولندية أن الملوثات المشعة المتولدة في المنشآت الأرضية نتيجة لإزالة التلوث للأنابيب أو معدات المنصات البحرية لا يمكن طرحها أو التخلص منها مباشرة وإنما تعامل في منشآت خاصة بعد الخزن المؤقت إذا كان مستوى تركيز النشاط الإشعاعي للنظير Ra^{226} أكثر من 10 Bq/g.

3 – 4- في معظم الصناعات للمواد المشعة طبيعيا والتي يكون تركيزها قليلا وفي بيئة صناعية نظيفة فان الجرعة السنوية للعاملين تكون واطئة واقل من 1mSv، ولكن في صناعات أخرى فان الجرعة السنوية عالية وقد تتجاوز حدود الجرع التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية كما موضح في الجدول (3- 1).أما الجرعة السنوية للجمهور فموضحة في الجدول (3- 2)

3 – 5- معظم الدول الأوربية وضعت مكافئ الجرعة البالغ 1 mSv/yr كمستوى تطبيقي ((application level) للعاملين مع المولد الملوثة المشعة طبيعيا NORM وهذا المقدار حسب الخبرة البريطانية ودول أخرى يعطي مقدار مؤثر للتميز بين مواقع عمل NORM والتي تتطلب السيطرة على الإشعاع والمناطق الأخرى التي لا تتطلب ذلك.

3 –6- التعليمات الألمانية للتعامل مع للمواد المشعة الطبيعية NORM تعتبر الأوحال والرواسب الصلبة الملونة غير مشعة إذا كان النشاط الإشعاعي الكلي يساوي أو أقل من مجموع تراكيز النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة Ra^{226} ، Pb^{210} ، Ra^{228} و Th228 ولا تأخذ بنظر الاعتبار نواتج الانحلال ذات أعمار النصف القليلة وذا كان النشاط الإشعاعي الكلى للإدخال والمواد الصلبة المشعة يتراوح بين 100– 500 Bq/g فيتطلب التعامل معها ونقلها موافقة السلطات الرقابية.

الجدول (3 -1) الجرعة السنوية من بعض الصناعات المولدة للنظائر NORM إلى العاملين.

الصناعة التي تنتج عنها NORM	الجرعة السنويةmSv
الصخور الفوسفاتية (المملكة المتحدة)	0.3
استخراج اوكسيد التيتانيوم (TiO_2) (هولندا)	1.1 - 0.1
تعدين الزركونيوم (المملكة المتحدة)	4 - 0.5
قضبان اللحام (المانيا) نتيجة لإضافة الثوريوم للقضبان.	20 -1
استخراج المعادن ألأرضية (فرنسا)	20 -1
استخراج وتعدين اليورانيوم	4 - 3
صناعة النفط والغاز	1 - 0. 02

الجدول (3 - 2) الجرعة السنوية من بعض الصناعات المولدة للنظائر NORM إلى الجمهور..

الصناعة التي تنتج عنها NORM	الجرعة السنوية mSv
الصخور الفوسفاتية (المملكة المتحدة)	0. 2- 0.001
استخراج اوكسيد التيتانيوم (TiO_2) (هولندا)	0
تعدين الزركونيوم (المملكة المتحدة)	0.1 - 0
احتراق الفحم	0. 01
استخراج المعادن ألأرضية (فرنسا)	0.1
استخراج وتعدين اليورانيوم	0.04 - 0.02
صناعة النفط والغاز	0. 01

3 – 7- لغرض تسجيل وترخيص أو التخلص من الملوثات المشعة الطبيعية NORM فان وضع قيم محددة للنشاط الإشعاعي النوعي في العالم تختلف من دولة إلى أخرى ويتراوح بين 0.2 Bq/g لنويدة محددة إلى 100 Bq/g للنشاط الإشعاعي النوعي الكلي لمجموع النويدات في NORM. وضعت عدة مستويات

للتدخل ، ction levels للدول الغربية سواء بالنسبة لتعرض المهني أو حماية البيئة لتصنيف المواد أو المعدات الملوثة في NORM من التعرض الخارجي أو التلوث السطحي. فقد وضعت القيمة 0.5 µGy/h كمستوى للتدخل من التعرض الخارجي.

التلوث الناتج من النويدات المشعة طبيعيا للأدوات و المعدات لا يمكن رؤيته من الخارج لأن التلوث في الداخل لذلك يتطلب المسح الإشعاعي الدائمي بواسطة الأجهزة يوضح الجدول (3- 3) مستويات العمل الموصى للتلوث بنظائرNORM

الجدول 3 – 3) مستويات العمل الموصى بها (Bq/cm^2) للسطوح الملوثة

النويدات المشعة	الأعظم[2]	المعدل[1]	المقدار المزال يقاس بالمسحات
^{232}Th, ^{228}Ra, ^{228}Th, ^{224}Ra, ^{230}Th, ^{226}Ra and ^{210}Po	0.3	0.1	0.02
^{228}Ac, ^{212}Pb, ^{212}Bi, ^{238}U, ^{234}Th, ^{234}U, ^{210}Pb, ^{210}Bi, وبواعث بيتا وجاما	1.5	0.5	0.1

1- قياس لمستويات التلوث في المتوسط ينطبق على مساحة لا أكثر من 1م^2

2- الحد الأقصى لمستوى التلوث ينطبق على مساحة لا أكثر من 100سم^2

3 – 8- حصلت موافقة كبيرة بين الدول الأوربية لقبول تركيز للنشاط الإشعاعي يتراوح بين 1 - **10** بيكرل/جرام كمقدار رقابي للسيطرة على

الإشعاع. أوضحت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بأنه من غير الصحيح تطبيق مقدار تركيز النشاط الإشعاعي والبالغ1 بيكرل/جرام كمقدار رقابي للسيطرة على الإشعاع، لأنه في بعض الأحيان يتجاوز تركيز النشاط الإشعاعي للتلوث هذه القيمة ولكن المادة تبقى مستثناة من السيطرة الرقابية لأن مكافئ الجرعة اقل من 1 mSv/yr.

3 – 9- مستويات الإعفاء للأجهزة والمعدات الملوثة بمادة NORM بأن لا يزيد التلوث الإشعاعي للتجهيزات والمنشآت الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية عن ($0.37 Bq/cm^2$ لمصدرات الفا و$3.7 Bq/cm^2$ لمصدرات بيتا) أو أن مكافئ الجرعة لا يزيد عن $0.5 \mu Sv/h$ وهذه الأجهزة لا يجوز تسليمها أو بيعها لمناطق الاستخدام غير المحظور واعتمدت هذه الفرضيات على حدود التلوث السطحي المطبقة على اليورانيوم الطبيعي ونواتج انحلاله ويتضمن القانون في دولة قطر نفس القيم.

3 – 10- مستويات الإعفاء للتربة الملوثة بوحل مادة NORM بنظير لنظير ^{226}Ra أو ^{228}Ra والتي وضعتها بعض الولايات الأمريكية ومنظمة الدول المنتجة للنفط والغازOGP هو اقل من 185 Bq/g (5PCi/gm) .0 لتربة عمقها 15 cm أو 5.55 Bq/g لتربة عمقها أكثر 15 cm على مساحة 100م^2 فوق مستوى الخلفية الطبيعية أو أن قراءة الأجهزة المحمولة $0.25 \mu Sv/h$ فوق مستوى الخلفية الطبيعية.

3 – 11- مستويات الإعفاء للتربة الملوثة بوحل مادة NORM بنظير لنظير^{226}Ra أو ^{228}Ra والتي وضعتها الهيئة الرقابية السورية هو اقل من .0.150 Bq/g.

3 – 12- تركيز النشاط الإشعاعي المستثنى الكلي للمواد الصلبة الحرشفية الملوثة بنظائر NORM التي وضعتها منظمة الدول المنتجة للنفط والغازOGP

وهي نفس القيم التي وضعتها شركة ارامكو في المملكة العربية السعودية موضحة في الجدول (3- 4)

3 - 13- أما الهيئة الرقابية الألمانية فقد اعتبرت أن الرواسب الصلبة الحرشفية بنظائر Ra^{226} أو Ra^{226} معفاة إذا كان النشاط الإشعاعي النوعي الكلي يساوي أو اقل من 1.1 Bq/g في معدات النفط وفي معدات الغاز لا يتجاوز النشاط الإشعاعي للنظيرين Pb^{210}، و Po^{210} المقدار 0.2 Bq/g .

أما إذا كان النشاط الإشعاعي النوعي الكلي لأي مادة يتراوح بين0.5 Bq/g - 500 Bq/g فيجب أن تتعامل معه جهة متخصصة في الإشعاع ومرخصة لغرض الخزن المؤقت ثم التخلص منها حسب الطرق التي سوف تشرح لاحقا .

3 -14- تعفى أو تستثنى المياه المنتجة ويمكن طرحها مباشرة البيئة وبدون ترخيص في الحالتين التاليتين:

- تركيز بواعث جسيمات الفا عند نقطة الطرح لا يتعدى 0.5 بيكرل/جرام والنشاط الإشعاعي المطروح لأربعة أسابيع متتالية لا يتعدى10 كيلو بيكرل.
- تركيز بواعث جسيمات بيتا وجاما لا يتعدى 10بيكرل/لتر عند نقطة الطرح والنشاط الإشعاعي المطروح لأربعة أسابيع متتالية لا يتعدى 500 كيلو بيكرل

3 -15- في الولايات المتحدة الأمريكية يمكن طرح الماء المنتج إذا كان معدل التركيز الكلي للراديوم 539 PCi/L (263.3 PCi/L للنظير Ra^{226} و 276.7 PCi/L للنظير Ra^{228}).

3 -16- حسب توصيات الوكالة للطاقة الذرية يمكن طرح الماء المنتج إذا كان معدل التركيز يتراوح بين 3 PCi/gm – 50 إما إذا كان معدل التركيز يتراوح بين 50 – 2000 PCi/gm فانه يطرح كملوثات ذات نشاط إشعاعي واطئ في

مواقع طرح النفايات المشعة . إما إذا كان معدل التركيز اكبر من 2000 PCi/gm فانه يطرح.

الجدول (3-4) مستويات الإعفاء في الرواسب الصلبة لمنظمة الدول المنتجة للنفط والغاز (OGP)

النويدة المشعة	مستوى الإعفاء (Bq/gm	مستوى الإعفاء PCi/gm
Ra^{226}	1.1	30
Ra^{228}	1.1	30
Pb^{210}	0.2	5
Po^{210}	0.2	5
U^{238}	5.5	150
يورانيوم طبيعي	3.0	80

3 – 17- التركيز المعفى وليس النشاط الإشعاعي الكلي لتصريف المواد المشعة في الهواء يجب أن لا يتعدى 50 Bq/m^3 لبواعث جسيمات الفا و لا يتعدى 50 Bq/m^3 لبواعث جسيمات بيتا وجاما

3 – 18- حسب توصيات الوكالة للطاقة الذرية يمكن طرح الماء المنتج إذا كان معدل التركيز يتراوح بين 3 – 50 PCi/gm أما إذا كان معدل التركيز يتراوح بين 50 – 2000 .PCi/gm فانه يطرح كملوثات ذات نشاط إشعاعي واطئ في مواقع طرح النفايات المشعة. إما إذا كان معدل التركيز اكبر من 2000 PCi/gm فانة يطرح

3 –19- من مستويات الإعفاء لهذه الدول وضعت مستويات إعفاء مقترحة يمكن للدول النفطية التي ليس لها تعليمات للتعامل مع ملوثات NORM كما في الجدول (3- 5)

جدول (3-5) مستويات الإعفاء المقترحة

موقع التلوث	المقدار
الأجهزة والمعدات	التلــوث الإشــعاعي مــن بواعــث جســيمات الفــا لا تتجــاوز ($0.37Bq/cm^2$ لمصادر الفـا و$3.7Bq/cm^2$ لمصـدرات بيتـا) أو أن الجرعة الإشعاعية لا تتجـاوز 0.5 مـايكرو سـيفرت /سـاعة ضـمنها الخلفية الإشعاعية عند أي نقطة يمكن الوصول إليها كما في الفقرة (3 – 9)
التربــة الملوثــة والوحــل (sludge)	مستويات الإعفاء للتربة الملوثة بوحل مادة NORM بنظير ^{226}Ra أو ^{228}Ra والتـي وضـعتها اقـل مـن Bq/g 0. 185 (5PCi/gm) لتربة عمقها 15 cm أو 5.55 Bq/g لتربة عمقها أكثر 15 cm عـلى مسـاحة 100م^2 فـوق مسـتوى الخلفيـة الطبيعيـة أو أن قـراءة الأجهزة المحمولة 0.25μ Sv/h فوق مسـتوى الخلفيـة الطبيعيـة. كما في الفقرة (3 – 10)
المــواد الصــلبة الحرشــفية Scale في معدات النفط	النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة Ra-226 أو Ra-228 لا تتجاوز 1.1 Bq /gm في معدات النفط كما في الفقرة (3 – 12)
المواد الصـلبة الحرشـفية في معدات الغاز	النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة ^{210}Pb أو ^{210}Po لا تتجـاوز 0.2 Bq /gm في معدات الغاز كما في الفقرة (3 – 12)
الماء المنتج من الآبار	تطرح المياه الملونة المشعة مباشرة الى البيئة اذا كان: 1 -تركيز بواعث جسيمات الفا عند نقطة الطرح لا يتعـدى 1.2 Bq/ L والنشـاط الاشـعاعي المطروح لأربعـة أسـابيع متتاليـة لا يتعـدى20

	.kBq 2 - تركيز بواعث جسيمات بيتا وجاما لا يتعدى50 Bq/ L عند نقطة الطرح والنشاط الإشعاعي المطروح لأربعة أسابيع متتالية لا يتعدى1000 kBq . كما في الفقرة 3 – 14
الغازات الملوثة	التركيز المعفى الكلي لتصريف الغازات والعوالق المشعة الى الهواء لا يتعدى $50\ Bq/m^3$ لبواعث جسيمات الفا و لا يتعدى $5\ Bq/m^3$ لبواعث جسيمات بيتا وجاما . كما في الفقرة 3 – 16

20– 3- التعليمات الواجب إتباعها لغرض التقيد بمحددات الإعفاء موادNORM يعفى أي شخص يستلم أو يملك أو يستخدم أو يعالج أو ينقل ملكية أو يوزع المواد المشعة الطبيعية المعززة تكنولوجياً أو يتخلص منها من متطلبات القواعد التنظيمية إذا احتوت المواد أو تلوثت بتركيز تحددها السلطة الرقابية في البلد.

الفصل الرابع

طرائق إزالة التلوث عن

الأجهزة والمعدات الملوثة

توجد طرائق عديدة لإزالة الملوثات المشعة وغير المشعة من المعدات المستخدمة في صناعة النفط والغاز. الغرض من إزالة ترسبات (NORM) والأوحال من المعدات والأجهزة هو زيادة الإنتاج أو الوقاية الإشعاعية. بالإضافة إلى مخاطر الإشعاع المنبعث من هذه الترسبات فهناك مخاطر أخرى غير إشعاعية تحتاج إلى حيطة أكثر ومن هذه المواد كبريتات الهيدروجين، الزئبق، والهيدروكاربونات «البنزين».ويفضل إزالة تلوث التجهيزات من المواد المشعة من قبل أشخاص متخصصين ويتوقف اختيار الطريقة المناسبة على عدة عوامل منها توفر وسائل العمل والموازنة بين الكلفة المترتبة على إجراء مثل هذه العمليات و قيمة التجهيزات التي ستخضع للتنظيف. تتطلب عملية الإزالة الحصول على ترخيص من قبل السلطة الرقابية و أن تُتبع إجراءات خاصة لوقاية العاملين من الإشعاع عند إجراء هذه الأعمال.

إزالة التلوث الإشعاعي عن الأجهزة والمعدات في الموقع تكون مطلوبة في أحيان كثيرة وخاصة عندما يتداخل وجود هذه الترسبات والأوحال مع معدل إنتاج النفط أو الغاز وعندما لا يمكن تعويض المعدات التي تحتوي على تلك الترسبات. أكثر هذه الطرائق شيوعا وفعالية وأمناً التنظيف اليدوي ، القشط، التنظيف بالرمل المضغوط (Sand blast) ، والتنظيف بالماء تحت ضغط (HPWJ) وهي أكثر الطرائق ولكن كمية الملوثات المتولدة كبيرة وتوجد طرق أخرى موضحة في الجدول (4 -1)

أهم الطرائق الشائعة هي:

4 -1التنظيف اليدوي

وهي من ابسط وأسهل طرائق الإزالة يجري فيها الغسل اليدوي للتجهيزات بالمحاليل الكيميائية و الماء. و تجري عمليات إزالة الوحل من الخزانات الملوثة بالمواد المشعة يدوياً، فيقشط الوحل من المعدات و تجمع في حاويات ثم تغسل المعدات بوساطة الماء من مضخة بسيطة. و لهذا تعد الطريقة اليدوية بسيطة وغير مكلفة و لكنها ذات فعالية منخفضة إضافة إلى خطورتها الإشعاعية المرتفعة على عاملي الإزالة لاحتمال التلوث الداخلي عن طريق التنفس والابتلاع.

4 -2 التنظيف بالماء المضغوط (HPWJ)

تستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع لإزالة الرواسب الصلبة الحاوية لمواد مشعة طبيعية. لتنظيف المعدات الكبيرة ، مثل أجهزة فصل النفط عن الماء و خزانات النفط ، و كذلك شبكات الأنابيب الطويلة من الرواسب الصلبة. تحتاج عمليات تنظيف الرواسب الحاوية لِمواد مشعة إلى الماء المقذوف بضغط عالي يتراوح بين 10 -250 Mpa وذلك باستعمال مضخات خاصة. و يعطي تطبيق هذه الطريقة إزالة فعالة للرواسب إضافة إلى قلة خطورة انطلاق الغبار الحاوي لمواد مشعة ، إذ يحافظ تطبيقها على بقاء المواد المشعة في حالة رطبة. ويمكن استخدامها في المواقع البرية والبحرية (on shore).

يتم تنظيف الأنابيب باستخدام أنبوب طويل يتدفق الماء بقوة من فتحة صغيرة. ويمكن لهذه الأنبوب الوصول إلى داخل أوعية طويلة باستخدام خراطيم طويلة.

لهذه الطريقة بعض الأخطار المرافقة لتطبيق الضغط العالي، إضافة إلى انتشار التلوث على مساحة كبيرة وصعوبة استخدامها لإزالة التلوث عن السطوح الخارجية نتيجة لانتشار رذاذ الماء الملوث. و لهذا يفضل أن تكون أنظمة

الغسيل بالضغط العالي محكمة الإغلاق، و لاّ يسمح للماء الملوث والناتج عن الإزالة بأن ينتشر إلى البيئة، بل يجب أن يعبأ أو يعاد استخدامه في نظام مغلق أو أن يمرر عبر مرشحات لاستخلاص الرواسب منه.

4 -3– طريقة القشط (Abrasive)

تستخدم طريقة القشط الجاف والرطب اليدوية لإزالة الملوثات الصلبة من السطوح التي يمكن الوصول إليها عمليا وذلك باستخدام قاشطة معدنية حادة. لكن الطريقة الجافة للقشط لا يحبذ استخدامها وذلك لانتشار الملوثات في الهواء وتعرض العامل الذي يقوم بعملية القشط إلى تعرض إشعاعي خارجي وداخلي كما إنها تستغرق زمنا أكثر.

4 -4 – طريقة التوسيع بالثقب

تستخدم هذه الطريقة في تنظيف شبكة أنابيب الإنتاج. حيث يتم إدخال مثقب معدني صلد لغرض توسيع الفتحات من أحد طرفي الأنبوب و يبدأ بالدوران ليصل إلى الطرف الآخر بحيث يزيل الرواسب العالقة. و هذه الطريقة جيدة لأنها تقشط داخل الأنبوب بكفاءة عالية. ومن مساوئها تولد غبار ملوث بالمواد المشعة الطبيعية إذا استخدمت هذه العملية بطريقة جافة.

الجدول(4 – 1) طرائق إزالة تلوث المواد المشعة طبيعيا (NORM)

الطريقة	الملاحظات
التنظيف اليدوي الاعتيادي	طريقة سهلة لا تحتاج إلى معدات ميكانيكية تتضمن غسل المعدات بالماء، تستخدم هذه الطريقة لإزالة الرمل أو الأوحال من الأجهزة
طريقة التوسيع بالمثقب	تستخدم بشكل شائع لإزالة الترسبات الصلبة من الأنابيب والمعدات الملوثة السطوح. وتكون عملية الثقب رطبة لتقليل انتشار الدقائق الشمعة في الهواء، ويجب أن يرشح الماء الناتج عن هذه العملية لعدم مرور الترسبات الصلبة
-التنظيف بالماء تحت ضغط (HPWJ)	تستخدم هذه الطريقة لإزالة الترسبات الصلبة من الأنابيب عال جداً والمعدات الملوثة السطوح وتمتاز هذه الطريقة بأنها فعالة لإزالة الترسبات الصلبة وتقليل تكون الغبار المشع
طريقة التفريغ	هذه الطريقة قد تكون رطبة أو جافة لإزالة الجزئيات الملوثة العالقة.
طريقة التنظيف الكيميائي	استخدام مواد كيماوية لإذابة الترسبات الصلبة أو إزالة الطبقات الرقيقة (film) من أنابيب الغاز.
الصهر(melting)	تصهر المعدات كمواد فائضة «سكراب» فتكون معظم مواد (NORM) مع الخبث ولكن النظائر المشعة المتطايرة تخرج من الغازات الأخرى المدخنة.
طريقة القشط	تستخدم طريقة القشط اليدوية لازالة الملوثات الصلبة من السطوح باستخدام مقاشط من الحديد
التنظيف بالرمل المضغوط	يوجه الرمل بسرعة وضغط كبيرين فيؤدي إلى قشط الترسبات الصلبة.

أما إذا استخدم موسع الفتحات بالدوران في جوٍ رطب فان الغبار الملوث المتولد يقل بشكل كبير .فإنها تعد طريقة جيدة إضافة وعند إجرائها ضمن نظام محكم الإغلاق لمنع انتشار المواد الملوثة فتعتبر طريقة جيدة للأنابيب.

4 -5 - التنظيف بطريقة المصِّ الهوائي:

التنظيف بالمص الهوائي قد يكون جافا أو رطبا.وهي طريقة فعالة في إزالة الجسيمات الملوثة بالمواد المشعة غير العالقة. و عادة ما تستخدم هذه الطريقة قبل تنظيف التجهيزات يدويا. تستخدم في هذه الطريقة مرشحات خاصة لمنع انتشار التلوث إلى الأماكن المحيطة، و تخفيض احتمال تكوّن المعلقات الملوثة بالمواد المشعة. و يجب أخذ الحذر لضمان عدم تراكم كميات كبيرة من المواد المشعة في جهاز التنظيف وتغير المرشحات بين وقت وأخر للتقليل من خطرها الإشعاعي على العاملين.

ينجم عن أعمال التنظيف هذه نفايات مشعة تحوي تراكيز ملموسة من المواد المشعة الطبيعية، و لهذا يجب أن يجري نقلها أو التخلص النهائي منها بطرائق سليمة و ضمن معايير خاصة بالتخلص من المواد المشعة.

4 - 6 - طريقة إزالة التلوث بالمواد الكيمياوية .

تستخدم هذه الطريقة لإزالة الترسبات من السطوح التي لا يمكن الوصول إليها بالطرق الميكانيكية أو الطرق التى تؤدي إلى تلف تلك المعدات. المعدات تنظف أولا بمذيبات عضوية أو قواعد ساخنة قبل الإزالة الكيميائية للتلوث. المواد الكيميائية المستخدمة لإزالة التلوث هي الحوامض والقواعد ومواد معقدة. لكل نوع من أنواع الرواسب الثلاثة الرئيسية طرائق كيميائية محددة لإزالتها من داخل الآبار و المعدات، وهي:

أ -إزالة رواسب كبريتات الباريوم ($BaSO_4$):

لغرض إزالة رواسب كبريتات الباريوم بالطريقة الكيميائية تستخدم المواد التالية:

1 - مركبات(EDTA).

2 -حامض النترواسيتات الثلاثي (NTA).

3 -العوامل الكُلاّبيّة (Chelating Agents) . تقوم هذه المحاليل في البداية

بتحطيم بلورات كبريتات الباريوم وذلك بتحويلها إلى ايونات الباريوم الموجبة (Ba^{++}) و ايونات الكبريتات السالبة (SO_4^{--}) و ترتبط هذه الايونات مع العامل الكيميائي الكلابي لتشكل معقداً منحلاً و مستقراً.

ومن المحاليل الفعالة الأخرى المستخدمة لإزالة رواسب كبريتات الباريوم،هو محلول كلوريد الصوديوم المائي (NaCl). والذي يكون رواسب غير مستقرة و تزداد فعالية الانحلال في هذا المحلول عند التسخين. ان تغير الضغط و الحرارة أو المحتوى الملحي يمكن أن يؤدي إلى ترسب كبريتات الباريوم مرة أخرى، مكوّناً بذلك ما يسمى بالرواسب الثانوية. من مساوئ هذه الإزالة أنها تحتاج إلى وقت طويل لإزالة كمية كافية من هذه الرواسب. و يعود ذلك إلى المعدل المنخفض جداً لانحلال بلورات كبريتات الباريوم بهذه العوامل .وهذا يعني أنها تستهلك كميات كبيرة من الطاقة لتحطيم البلورات الثابتة لكبريتات الباريوم.

ب-إزالة رواسب كبريتات الكالسيوم:

هذه الرواسب عبارة عن مركبات الجبسوم والذي يمكن ازالتة باستخدام أغلب العوامل المستخدمة لإزالة رواسب كبريتات الباريوم وبفعالية أعلى قليلاً.و لكن الأمر يحتاج إلى وقت طويل لإنجاز العمل إذا استخدمت المعقدات الكُلاّبيّة. و لما كان الجبسوم أقل خمولا من الناحية الكيميائية مقارنة بكبريتات الباريوم، فإنه يمكن تحويله إلى شكل آخر بواسطة مركبات كيميائية تسمى محولات الجبسوم. تقوم هذه العوامل بتحويل الجبسوم إلى أملاح تنحل بحامض الهيدروكلوريك مكونة نوعاً من الوحل يمكن سحبه بالمضخات إلى خارج البئر.و تساهم هذه العوامل بإزالة رواسب كربونات الكالسيوم أيضاً، و التي عادة ما تكون مرافقة لكبريتات الكالسيوم.

ت – إزالة رواسب كربونات الكالسيوم:

تعد عملية الحفاظ على معدل إنتاجية كثير من آبار النفط استخدام إزالة التكلس الصلب المشع أو الوحل باستعمال حوامض معدنية و غير معدنية لغرض إزالة كربونات الكالسيوم والتي تعتبر من أكثر الإجراءات الناجحة للإزالة. مع ذلك، توجد بعض الحالات التي تكون فيها هذه الطريقة غير فعالة، ويعود ذلك إلى تآكل جدران البئر إذا سُكب الحامض بأسلوب غير صحيح.من أكثر الحوامض استخداماً لإزالة رواسب كربونات الكالسيوم هو حامض الهيدروكلوريك . كذلك تستخدم أيضاً بعض الحوامض العضوية كحامض النتريك أو مزيج من عدة حوامض. و يعتمد اختيار الحامض على عوامل عدة اهمها:

1- مكان وجود الرواسب.

2- الحرارة داخل البئر و التشكيلات الجوفية.

3- فعالية المزيل لإزالة كربونات الكالسيوم.

4 -التقليل ما أمكن من عملية التآكل للمعدات.

5 - تقليل حدوث عملية إعادة الترسب التي تتولد نتيجة لتفاعلات كيميائية بين الحوامض المستهلكة و المواد الأخرى الموجودة في التشكيلات الجوفية خلال أعمال الصيانة.

مساوئ هذه الطريقة:

ا - تكون سوائل ملوثة كثيرة.

ب - أن بعض مكونات هذه المعدات قد يذوب بالحوامض.

ج - صعوبة استخدام أسلوب الإزالة الكيميائية عندما توجد أنواع مختلفة من الرواسب يصعب التنبؤ بتكوّنها.

4 -7 - إزالة التلوث بالصهر:

يؤدي صهر المواد المعدنية الحاوية على المواد المشعة الطبيعية إلى فصل المعدن عن النظائر المشعة الصلبة والتي ستكون الخبث الذي يطفو علي المعدن المنصهر، وتطبق هذه الطريقة في مواقع مخصصة للصهر. أهم الخطوات في هذه الإزالة هي:

1- نقل المعدات إلى موقع التدوير براً أو بحراً باستخدام معدات تحميل مناسبة.

2- تقطيع المعدات إلى أجزاء صغيرة بواسطة العمليات الميكانيكية أو الحرارية إلى أجزاء قابلة للصهر.

3- نقلها بواسطة حزام ناقل أو رافعة إلى أفران الصهر.

4-إزالة ميكانيكية للخبث الطافي.

5-إعادة وجمع الغبار الخارج من المداخن.

4 - 8 – القصف بالرمل (Sand blasting) :

يمزج الرمل بالهواء داخل حاوية معدنية سميكة ويسلط عليه ضغط عال يولده ضاغط ويمر الهواء والرمل في أنبوب طويل يتدفق الرمل بقوة من فتحة صغيرة . تتميز هذه الطريقة بكفاءتها في إزالة المادة الملوثة الصلبة الملتصقة بالمعدات المعدنية والأنابيب.من مساوئ هذه الطريقة تولد ملوثات صلبة كثيرة مختلطة مع الرمل وكذلك انتشار الملوثات بشكل عوالق في الهواء وتعرض العاملين إلى التلوث الداخلي. لذلك يجب على العاملين ارتداء بدلات خاصة محكمة جيدا وكمامات تغطي الوجه بأجمعه ويتم التنفس من خلال قناني التنفس الخاصة.

4 -9- طرائق استخدام المواد الكيميائية لتثبيط تكوّن الرواسب الصلبة لمواد NORM في حقول النفط والغاز .

لمنع وتقليل تكوّن الرواسب الصلبة تستخدم مركبات كيميائية بتراكيز منخفضة تمنع تكوّن أو نمو بلورات الرواسب الصلبة بتكوين معقدات كيميائية ثابتة. و تستخدم عادة هذه المواد بتراكيز أكبر من تراكيز مكوِّنات الرواسب الصلبة. من أهم المواد الشائعة الاستخدام الفوسفانات phosphonate والتي تستعمل في درجات حرارة تصل إلى(150) درجة سليزية، و متعدد كربونات الاكزالات التي تستعمل في درجات حرارة تصل إلى 200 درجة سليزية ، و استر الفوسفات والتي تعدّ من المواد الجيدة بالنظر إلى كلفتها الواطئة، و لكن تطبيقها محدود في درجة حرارة أدنى من (100) درجة سليزية. تضاف هذه المثبطات بتراكيز قليلة تتراوح بين 1 – 50 ppm وتزداد كفاءة المثبطات يتغير درجة حرارة الماء المنتج وملوحته حيث تقل كفاءتها بزيادة الملوحة . إن اختبارات الفحص هي التي تحدد تركيز المواد الكيميائية لتثبيط تكوّن الرواسب الواجب استخدامها.يعتمد اختيار مثبط تكوّن الرواسب على درجة الحرارة التي يستخدم فيها مانع التكوّن و درجة حموضة الماء المالح و تركيبه في الآبار النفطية . و إضافة إلى ذلك تعتمد كفاءة عمل مانع التكون على درجة حموضة الوسط (PH)، إذ يجب زيادة تركيز مانع التكون في الأوساط ذات الحموضة المنخفضة.

لتثبيط وتقليل تكون الرواسب في الحقول طرائق عديدة لحقن المواد الكيميائية للآبار أهمها:

1 - حقن المثبطات الكيميائية في التشكيلات الجيولوجية النفطية العميقة دفعة واحدة.

2- الحقن المستمر للمثبطات الكيميائية إلى داخل فوهة البئر على دفعات متتابعة

أثناء الإنتاج ويجري ذلك بحيث يعاكس الحقن خط الإنتاج أو بمد خطوط ضيقة إلى أسفل فتحة البئر و ضخ المادة المثبطة باستمرار.

لكل من هذه الطرائق محاسنها و مساوئها التقنية و الاقتصادية. و يعتمد اختيار الطريقة المناسبة على العوامل الاقتصادية والتقنية في الحقل.

أما مشاكل استعمال المثبطات الكيميائية فهي كثيرة و أهمها ما يسمى بالرواسب الكاذبة وتكون المعلقات التي تنشأ نتيجة للتفاعلات المتبادلة والحاصلة بين الايونات الموجبة لكل من المنجنيز (Mg^{++}) والكالسيوم (Ca^{++}) و الباريوم (Ba^{++}) الموجودة في المياه المالحة والايونات الموجودة في المثبطات. فتسلك هذه العوامل المترسبة سلوك الرواسب الصلبة نفسها. و بذلك لا تعمل المواد الكيميائية في منع تكون الرواسب فقط بل تسبب مشاكل إضافية بتكون الرواسب الكاذبة.إن مثبطات تكون الرواسب الصلبة الحرشفية يؤدي إلى زيادة النشاط الإشعاعي في الماء المنتج ولكنها تقلل من حجم الرواسب الصلبة الحرشفية وبذلك يقل التعرض الإشعاعي للعاملين ، لأن السيطرة على الإشعاع الناتج عن الماء المنتج أكثر سهولة من السيطرة على الإشعاع الناتج عن الرواسب الصلبة الحرشفية .

4 -10 - لغرض إزالة التلوث عن المعدات والأجهزة الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا ينبغي توفر المناطق التالية:

أ – غرفة لتغيير الملابس الاعتيادية ولبس ملابس العمل تكون ملاصقة للمناطق التي يتم فيها إزالة التلوث الإشعاعي.

ب – منطقة لتفكيك المعدات الملوثة مثل الصمامات ، ومعدات فوهات الآبار وغيرها من المعدات الملوثة.

ت – منطقة القطع :

لغرض قطع المعادن بالشعلة الاستلينية أو طحنها . هذه المنطقة تتولد فيها ملوثات جافة يمكن أن تعلق في الهواء وتلوثه ، لذلك يتطلب الاحتواء الكامل

للملوثات عن طريق استخدام نظام تهوية خاص مجهزة بمرشحات خاصة . وكذلك يتطلب من العاملين ارتداء معدات التنفس ويجب أن تكون السطوح كتيمة وغير قابلة للاشتعال و قادرة على تحمل الأحمال الثقيلة.

ث - يتحكم في مداخل المنطقة التي يتم فيها إزالة التلوث بالمواد المشعة طبيعية NORM أجهزة قياس تلوث الجسم واليدين ويتم فيها قياس مدى التلوث للمعدات و توفير نظام لفصل المعدات الملوثة الداخلة وتلك المزال تلوثها الخارجة، وحجر المعدات التي تتطلب المزيد من إزالة التلوث.أهم الإجراءات الأساسية التي ينبغي إتباعها في هذه المنطقة عند التعامل مع المعدات الملوثة :

1 - تحديد منطقة العمل بإنشاء سياج مؤقت حولها لمنع وصول غير المصرح بهم. وينبغي أن تكون مساحة العمل صغيرة قدر الإمكان ، ولكن كبيرة بما يكفي للسماح للعاملين والمعدات للوصول لمنطقة العمل. وان ينجز العمل بطريقة آمنة وينبغي توفير حاويات أو أكياس بلاستيكية لتجميع الملابس الواقية والنفايات الملوثة عند الخروج من مكان العمل. تحاط منطقة العمل بعلامات التحذير من الإشعاع

2 - الأفراد الأساسيين فقط ينبغي أن يسمح لهم بالعمل في تلك المنطقة حيث يوجد احتمال التلوث بالمواد المشعة طبيعيا .

3 - عقد اجتماع السلامة لجميع الذين يؤدون العمل الإشعاعي لتحديد المهام وطرق الوقاية ، وتزويدهم بالملابس الواقية ومتطلبات وقاية الجهاز التنفسي ، مستويات التلوث الإشعاعي ، وأنشطة الصيانة التي قد تسبب في جعل المواد المشعة محمولة جوا ، والإجراءات الواجب اتخاذها في حالات الطوارئ.

4- قبل صيانة المعدات الملوثة بالوحل الملوث بالمواد المشعة طبيعيا يجب تغطية الأرضية التي توضع عليها المعدات الملوثة وينبغي أن يكون غطاء الأرض من البلاستيك ،المقاوم لتسرب الماء وقادرة على تحمل الأعمال دون

تمزقها، أو يستخدم بدلا من ذلك وعاء مناسب لتداول المعدات الملوثة.

5- المواد الملوثة الجافة ينبغي ترطيبها بالماء لمنع توليد مواد مشعة محمولة جوا. وينبغي ترطيبها بشكل دوري خلال أعمال الصيانة.

6 - يجب إغلاق فتحات المعدات أو الأنابيب الملوثة داخليا بالمواد المشعة طبيعيا بواسطة مادة بلاستيكية مناسبة.

7 - الأنابيب أو المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا التالفة ينبغي أن تعلم بشكل واضح بأنها مواد ملوثة ونقلها إلى مخازن مخصصة لا يسمح للجمهور بالدخول إليها.

8 - جميع النفايات الملوثة الناتجة خلال عملية الصيانة ينبغي أن توضع في حاويات خاصة ومعلمة بتحذيرات الإشعاع. ينبغي اخذ عينات من النفايات وتحليلها لتحديد نشاطها الإشعاعي.

9 - بعد الانتهاء من أعمال الصيانة يجب إزالة الملابس الواقية الملوثة قبل مغادرة مكان العمل. و ينبغي مسح الأرضية البلاستيكية إشعاعيا ، وعند وجود أي تلوث يجب ازالتة بالتنظيف العادي. كذلك رفع السياج والعلامات التحذيرية من الإشعاع.

10 - جميع المواد والمعدات والأدوات لم يتم وضعها في الحاويات ينبغي مسحها إشعاعيا لتحديد تلوثها ومعدل مستويات التعرض قبل الخروج من منطقة العمل. الجزيئات الملوثة التي قطرها أكبر من 1 ملم يجب جمعها والتخلص منها كنفايات مشعة و قبل دخولها إلى أحواض جمع السوائل الملوثة.

11- يجب تنظيف المعدات والأشخاص قبل مغادرة المنطقة الملوثة . وان يتم رصدها بأجهزة التلوث.أما المعدات التي لا تتطلب الصيانة أو التفتيش يجب أن يتم استبدالها دون تنظيف.

وإذا كانت قراءة المعدات أكبر من ضعف مستويات الخلفية الإشعاعية فيعتبر

ذلك مؤشرا للتلوث ، وينبغي التعامل معها على هذا النحو.عند اكتمال العمل ، ينبغي مسح المناطق التي يمكن الوصول في منطقة العمل وعند وجود أي تلوث يجب تنظيفه فورا.

12 - المعيار الأساسي لإزالة التلوث هو أن جميع المعدات تكون خالية من الملوثات الصلبة بشكل واضح بالعين المجردة وأن جميع المعدات تكون خالية من التلوث الإشعاعي (نشاطها الإشعاعي أقل من ضعف الخلفية).

4 -11 - الترسبات الصلبة الحرشفية (scale) في الأنابيب تزال بالطريقة الميكانيكية أو الحوامض في المنشأة الأرضية ويمكن تصنيفها بالطريقة التالية وهي قياس معدل الجرعة على بعد 1m من المادة الملوثة وتحويلها إلى النشاط الإشعاعي النوعي باستخدام المعادلة التالية

$$\frac{\mu Gy \ / h \ - \ 3108}{Totalmass \quad (kg)}$$ =(Bq/g) النشاط الإشعاعي النوعي

4 -12 - تقييم التلوث السطحي ليس بالأمر السهل وخاصة في بواعث جسيمات بيتا والتقييم لبواعث جسيمات ألفا لا يمكن الاعتماد عليه .ان قيم مستوى التلوث في اعلاه ببواعث جسيمات بيتا يستخدم كمستوي أولى لعمل إزالة التلوث السطحي المستقر.

13-4 - منظومات ازالة التلوث المغلقة عن المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا

يجب التعامل مع المعدات الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية ونقلها وتخزينها وصيانتها أو التخلص منها بطريقة مسيطر عليها لضمان عدم التعامل مع المعدات الملوثة دون ضوابط لحماية العمال ومنع تلوث البيئة. ومن هذه المواد أنبوب الحفر ، والذى يحتوي على مستوى منخفض من المواد المشعة طبيعيا وقد ينقل خطأ مع مجموعة متنوعة من الأنابيب الثانوية الى منشآت إعادة المعالجة والذي يؤدي الى انتشارها و تعرض العاملين الى التلوث .

4 -14 - المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا:

- ينبغي ازالة التلوث قبل الإفراج عن تلك المعدات لغرض الإستخدام غير المقيد ، يوضع عليها علامة واضحة باعتبارها مواد ملوثة NORM.
- يتم التعامل معها من قبل اشخاص مدربين جيدا للتعامل مع المواد المشعة طبيعيا والمخاطر الناتجة عنها وضرورة استخدام معدات الوقاية الشخصية.
- لا يجوز إرسالها للصيانة أو ورش التصليح دون ابلاغ ورشة العمل أن المواد ملوثة.
- يتم التخلص منها في منشأة التخلص المعتمدة للمواد المشعة طبيعيا أو وفقا لازالة تلوث معتمدة. وبمجرد التحقق من كون المعدات خالية من التلوث فيمكن :

  - إعادة استخدام المعدات
  - ارسالها الى ورشة التصليح قبل أن يتم إعادة استخدامها
  - بيعها أو التخلص منها كسكراب

يمكن تخزينها في المناطق التي تستخدم حصرا لتخزين المواد المشعة طبيعيا والمعدات الملوثة.

وبالإضافة إلى ذلك :

- جميع الاجزاء المفتوحة من المعدات ، مثل نهاية الانابيب و الفلنجات (شفة) يجب تغطيتها على نحو كاف ببلاستك سميك مقاوم للأشعة فوق البنفسجية لضمان أن المواد المشعة طبيعية لا تتسرب من هذه المعدات.
- ينبغي القياس الروتيني على جميع المعدات المخزنة والملوثة بالمواد المشعة طبيعيا لضمان ان سلامة التدابير الوقائية كافية. وينبغي إجراء الاختبارات

الروتينية على الأقل على أساس ربع سنوي.

- ينبغي توثيق جميع المعدات المخزنة الملوثة بسجلات خاصة.

ينبغي ازالة التلوث من المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا بطرق خاضعة للرقابة لضمان حماية العمال، ومنع انتشار التلوث ، وإلى تقليل النفايات الناتجة من عملية إزالة التلوث. طريقة الازالة بواسطة الماء المضغوط بالاشتراك مع غيرها من الوسائل الميكانيكية البسيطة مثل الحك وثبت فعاليتها من حيث التكلفة والنجاح. عندما يتم استخدام مثل هذه الأساليب، ينبغي النظر بعين الاعتبار لما يلي:

- تجهيز العمال بجميع الاحتياجات التي تضمن وقايتهم .
- مناطق ازالة التلوث .
- المناطق المستقبلة للمعدات للتعامل معها.
- قطع الاجزاء الحديدية الكبيرة .
- منظومة تدوير المياه المضغوطة.
- نظام التهوية.
- التحكم في المعدات (نظام الإدارة)
- تفتيش المعدات
- رصد المعدات
- أنظمة السلامة ذات الصلة.

حيثما كان ذلك ممكنا، ينبغي إزالة التلوث بالأنظمة الآلية، وهناك قدر كبير من مخاطر السلامة الصناعية المرتبطة بانشطة منظومة الماء المضغوط الممسوكة باليد. الاصابات المرتبطة بعمليات منظومة الماء المضغوط الممسوكة باليد قد يكون من الصعب علاجها بنجاح. لذلك فان المطلوب منظومات تعمل آليا وتقلل المخاطر الصناعية الى الحد الأدنى وارتداء معدات الوقاية الشخصية (الأحذية،

مآزر وقفازات، الخ).وقد استخدمت منظومات إزالة التلوث المحمول بنجاح. حيث تم استخدام حاويات خاضعة للمواصفات الهندسية ISO لتوفير الاحتواء لعمليات الماء المضغوط HPWJ، ومزودة بنظم الصرف التي تستخدم تدوير المياه في منظومة مغلقة شكل (1-4). تمر المياه خلال سلسلة من المرشحات والعودة إلى منظومة ضخ المياه المضغوطة، لذلك فان الماء يدور باستمرار. معايير التصميم الأساسية لإزالة التلوث من المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا NORM قد تشمل ما يلي :

1 - معايير التشغيل

منظومات ازالة التلوث ينبغى أن تعمل على ازالة التلوث من المعدات الملوثة بالمواد المشعة طبيعياً NORM. ينبغى ان تكون معايير القبول لازالة التلوث ناجحة على النحو التالى :

أ. يجب ان تكون المواد الحرشفية الصلبة الملوثة على جميع المعدات واضحة بصريا.

ب. بعد الازالة يجب على جميع المعدات ان تكون خالية من التلوث الإشعاعي أي ان نشاطها الاشعاعي أقل من ضعف الخلفية الاشعاعية.

2- مناطق التشغيل المطلوبة وتتكون من:

أ- غرفة التغيير وهي المدخل الذي سوف يسمح بالوصول إلى المناطق التي يسيطر عليها شعاعيا حيث تجرى عملية ازلة التلوت.

ب- منطقة استلام المعدات الملوثة وفيها يتم

شكل (1-4) المنظومة المغلقة لازالة التلوث عن المعدات المشعة طبيعيا المستخدمة في شركة ارمكو السعودية



1 - التحقق من قوائم جرد المواد التي يجري ارسالها لغرض ازالة التلوث

2- إجراء المسوحات الإشعاعية للمعدات الملوثة

3- توفير مناطق منفصلة لعزل المعدات الملوثة الواردة عن المعدات التي جرى ازالة تلوثها "النظيفة "

4. منطقة حجر للمعدات التي تحتاج إلى مزيد من إزالة التلوث.

ت – منطقة فصل وتفكيك المعدات .

وهي المنطقة التي يتم فيها تفكيك مكونات بعض المعدات مثل الصمامات ، معدات فوهات الآبار وغيرها من المعدات. تحتوي هذه المنطقة على :

1- اجهزة الشعلة القطع بالأوكسجين والبروبان، واجهزة الطحن grinding ، وغيرها من المعدات.

2 - يتلوث الهواء في هذه المنطقة بالمواد المشعة طبيعيا لذلك يتطلب احتواء تام لهذه المنطقة عن طريق منظومة التهوية المزودة بمرشحات نوع HEPA تكون متاحة في المنطقة المراقبة لغرض إزالة الغبار والتلوث من المصدر. بالاضافة الى ذلك ينبغي على العمال ارتداء معدات الحماية التنفسية (RPE) في هذة المنطقة. يجب أن تكون الارضية والأسطح من مواد غير قابلة للاشتعال و كتيمة و قادرة على تحمل الأحمال الثقيلة وقوة ضغط الماء المضغوط الساقط.

ث – منظومة إعادة تدوير السائل

جميع العمليات التي تستخدم السوائل في عمليات إزالة التلوث ينبغي ترشيحها وإعادة استخدامها. لا ينبغي أن تصل هذه السوائل لنظام الصرف الخارجي. وينبغي توفر العناصر التالية في المنظومة :

1. خزان رئيسي اولي

2. مرشحات تصفية هذه المنظومة تقوم بفصل الرواسب الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا والنفايات الزيتية من المياه. المياه من منطقة ضخ الماء

المضغوط HPWJ ينبغي ان تعودة مرة اخرى إلى المنظومة بواسطة نظام مغلق يحتوي على نظام صرف صحي خاص و نظام للكشف عن تسرب المياه في نظام تدوير المياه في المنظومة المغلقة .

3. خزان لترسيب الدقائق الملوثة. ينبغي سهولة الوصول لهذه الخزانات لكي تكون في متناول الجميع لغرض إزالة أي رواسب ملوثة. المنظومة لديها القدرة للسماح لنقل المياه من خزان الترسيب الى خزان آخر للسماح بإزالة الرواسب.

ث – السيطرة والمراقبة على المعدات

ينبغي وضع نظام اداري لمراقبة وتتبع سير جميع المعدات والعناصر التي تدخل مرفق إزالة التلوث من خلال .

1 - التفتيش على المعدات

ينبغي أن يتم التفتيش على جميع المعدات والعناصر في الخارج عند الاستلام. وينبغي أن يتم تسجيل حالة المعدات وأي ضرر لم يوثق في السجلات ينبغي على الفور حجر تلك المعدة واعلام المستفيد بذلك .

2 - رصد معدات

يجب رصد المعدات بعد ازالة التلوث من قبل المشغلين المدربين وبواسطة اجهزة مسح اشعاعي جاهزة للعمل وخلال فترة المعايرة لها. وينبغي الحفاظ على الوضع التشغيلي لجميع معدات الرصد الإشعاعي ووضع نظام إداري لتحديد المعدات التي مازالت ملوثة من تلك التي تم تنظيفها. ينبغي أن يتم إزالة التلوث عن الاشخاص بطريقة تمنع التعرض للإشعاع والتقليل من احتمال ابتلاع واستنشاق وامتصاص المواد المشعة.

مساحات الأراضي التي أصبحت ملوثة بهذه المواد ينبغي اعادة تطهيرها remediation من التلوث بالمواد المشعة طبيعيا. وعملية تطهير التربة

والارض هو إزالة منهجية للملوثات المشعة طبيعيا بحيث ان التربة الملوثة والمواد تـصبح جـزءا من النفايـات التـي ينبغـي معالجتهـا .هـذه الأرض قـد تلوثـت بـالمواد المـشعة طبيعيـا نتيجـة لعمليات النفط والغاز ذات الصلة، مثل تبخـر الـبرك أو الأراضي الزراعيـة، ينبغـي علاجهـا قبـل الاستخدام غير المقيد لها .

الفصل الخامس

طرائق التخلص من

المواد المشعة طبيعيا NORM

1- 5 الطرح غير المسيطر عليه للملوثات الصلبة المشعة في موقع العمل قد يؤدي إلى تعرض العـاملين إلى جرع داخلية عن طريق المعابر الثلاث وهـي الاستنـشاق، الابـتلاع أو عـن طريـق الجلـد والجـروح. يمكن للمواد والنويدات المشعة في المـواد الـصلبه المـشعة طبيعيـا ، أن تلـوث سلـسلة غـذاء الإنـسان أو الحيوان، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى جرعات داخلية كبيرة لعامة الجمهور. ونتيجـة لـذلك يجـب السيطرة على تشتت نظائر NORM سواء في موقع العمل أو في البيئة . الخطر الإشعاعي النـاتج عـن نظائر NORM يعتمد كثيرا على كل من الخـواص (البيولوجيـة الكيميائيـة و البيولوجيـة الفيزياويـه. فعلى سبيل المثال فان الابتلاع المباشرة للجسيمات المشعة الـصلبة الحرشـفية ذات النـشاط الإشـعاعي الواطئ LSA سيكون اقل ضررا بسبب مقاومة الجسيمات المشعة الـصلبة للـذوبان في سـوائل الجـسم والتي يمكن طرحها من الجسم خلال العمليات الطبيعية في وقت قصير. لذلك فان الخطر الرئيسي هـو استنشاق الجزيئات الصلبة الحرشفية الصغيرة الحجم التي يمكن أن تعلق بالهواء أثناء عمليات الإزالة. لذلك ينبغي أن توضع الإجراءات التي تكفل تقليل التلوث الداخلي إلى أدنى حد احتمال.

2- 5 التخلص من ملوثات نظائر NORM الصلبه في البيئة ، يكون الوضـع أكـثر تعقيدا لأن الملوثات تـدخل السلـسلة الغذائيـة مـن خـلال جميـع الطـرق لـذلك يجب على السلطة الرقابية وضع مستويات النشاط الإشعاعي للنظائر التي يجب طرحها إلى البيئة والتي عندها تكون الجرع المؤثرة عـلى الـسكان اقـل مـا يمكـن.

مستوى التدخل الموصى به موضح في الجدول (5-1) .

الجدول (1- 5) مستويات العمل الموصى بها لطرح نظائر NORM

النويدات المشعة	السوائل (Bq/l	الصلب (Bq/g)	عوالق الهواء (Bq/m^3)
سلسلة ^{232}Th			
^{232}Th	0.05	5	0.005
^{228}Ra	0.1	10	0.5
^{228}Th	0.5	5	0.01
^{228}Ac	20	10	20
^{224}Ra	0.5	2	1
^{212}Pb	2	5	20
^{212}Bi	50	5	50
سلسلة ^{238}U			
^{238}U	5	10	0.02
^{234}Th	5	10	50
^{234}U	5	20	0.05
^{230}Th	0.5	10	0.02
^{226}Ra	0.1	2	0.5
^{210}Pb	0.05	10	0.5
^{210}Bi	10	20	20
^{210}Po	0.1	10	0.5

ولاسيما أثناء العمليات التي يحتمل أن يتطاير منها الغبار مثل قشط الملوثات، القصف بالرمال ، تجفيف الهواء – الخ .

5 -3 طرائق طرح الماء المنتج:

التخلص من الملوثات المشعة لنظائر NORM في المياه السطحية أو مياه البحر فإنها قد تدخل السلسلة الغذائية البشرية من خلال الكائنات الحية المائية،

وبالتالي فإن تشتت النويدات في الوسط المائي يجب أن يكون محدودا. وتجدر الإشارة إلى أن جزءا من هذه النويدات المتشتتة في السائل يمكن أن تتركز في المواد الصلبه (Bq/g)، والتي ينبغي أن ينظر إليها بصورة منفصلة.

كما أن مستويات العمل الموصى الموضحة في الجدول (1-5) مقتبسة من مستويات النشاط الجوي لمعدل حدود الأخذ السنوي، للابتلاع ALI's التي وضعتها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP في منشورها رقم 61. الكميات الكبيرة المتولدة من الماء المنتج تخضع إلى عملية الخزن والمعاملة أولا كطريقة عملية لطرح هذه المياه استناداً إلى المستويات التي تضعها السلطة الرقابية للتعامل مع المواد غير المشعة مثل الهيدروكربونات الذائبة. يعد الماء المنتج من الآبار النفطية أحد النفايات المشعة الناجمة عن الصناعة النفطية، ويمكن أن يحوي تراكيز مرتفعة نسبياً من المواد المشعة الطبيعية NORM. الكمية الكبيرة المتولدة من الماء المنتج تخضع إلى عملية الخزن والمعاملة أولا كطريقة عملية لطرح هذه المياه استناداً إلى المستويات التي وضعتها السلطة الرقابية للتعامل للمواد المشعة وغير المشعة مثل الهيدروكاربونات الذائبة. يجب على كل شخص مجاز وفقاً لهذه القواعد أن يتخلص من النفايات المشعة .

من أهم طرق التخلص من المياه الملوثة الناتجة عن صناعة النفط والغاز هي:

أ - إعادة حقن الماء في احد الآبار القديمة:

للتخلص من الماء المنتج طرائق عديدة ، و قد تكون أهم هذه الطرائق هي إعادة حقن المياه في إحدى الآبار العميقة. يعتمد اختيار هذه الطريقة على توفر الآبار المناسبة للحقن .

إعادة حقن الماء إلى البئر الذي جاء منه أو في احد الآبار الناضبة الأخرى وتعتبر من الخطوات العملية المقبولة في حالة منشآت الإنتاج النفطية أو الغاز في اليابسة والبحر .هذه الطريقة بسيطة ولا تؤدي إلى إضافة في المخاطر

الإشعاعية حيث أن الماء المنتج يعود بنفس التركيز أو اقل للمكونات التي نشأ منها.

ب - طرح الماء إلى البحار والمحيطات:

معظم منشآت الإنتاج النفطية القريبة من السواحل تطرح الماء المنتج إلى البحار أو المحيطات. وان متطلبات الطرح تختلف من دولة إلى أخرى. ففي بعض الحالات لا توجد أي متطلبات ويطرح الماء مباشرة وفي بلدان أخرى يتطلب الترخيص بالطرح إذا كان النشاط الإشعاعي أكثر من الحدود الموضوعة من قبل تلك الدولة. وطرح هذه المياه يخضع إلى المعاهدات الدولية لحفظ الكائنات البحرية مثل معاهدة لندن عام 1972 ومعاهدة حفظ الكائنات البحرية لشمال شرق الأطلنطي عام 1992 (معاهدة OSPAR).

ت- معالجة المياه :

يتم معالجة الماء لفصل نظائر الراديوم بالترسيب أو المرشحات، ثم استخدام هذه المياه في الزراعة. بعد أن يتم قياس النشاط الإشعاعي للملوثات في تلك المياه.

ث - الطرح إلى البحيرات الصناعية (Discharge into seepage ponds):

في قسم كبير من المواقع النفطية البحرية يطرح الماء المنتج إلى بحيرات صناعية (Lagoons) لكي يتبخر وتترسب المواد المشعة على التربة ، و هذا يؤدى إلى تلوث التربة بالمواد المشعة وقد يصل التلوث إلى المياه الجوفية. ولمنع تلوث التربة والمياه الجوفية تبطن البحيرات ببطانة بلاستيكية تمنع تسرب المياه إلى التربة والمياه الجوفية ، و بعد التبخير يمكن تجميع البطانة البلاستيكية و إرسالها إلى مخزن المواد المشعة للتخلص منها.

يعتمد مدى قبول هذه الطريقة على التأثير الإشعاعي على المياه السطحية والمياه الجوفية ومخاطر تجمع المواد المشعة على البيئة النباتية . تعتمد هذه المخاطر على العوامل التالية:

أ-النشاط الإشعاعي للنويدات المشعة ونسبة النشاط الإشعاعي المترسب.

ب- درجة التخفيف إلى المياه السطحية المحلية أو المياه الجوفية.

ت- الحجم الناتج.

تعتبر هذه الطريقة كطريقة للتركيز والاحتواء (concentrate and contain) لمعاملة النفايات المشعة حيث أن النويدات المشعة المذابة تتحول إلى ترسبات صلبة والتي يمكن جمعها مع التربة الملوثة. وعند استخدام هذه الطريقة يجب اخذ الأمور التالية بنظر الاعتبار.

1-اختبار الموقع المناسب للبحيرات الصناعية.

2-السيطرة لمنع الدخول إلى هذه المناطق.

3-تعميم المخاطر الإشعاعية للإنسان والبيئة على أمد طويل والناتج عن تلوث التربة، المياه السطحية والمياه الجوفية.

4-تطبيق نظام توكيد الجودة وفتح سجلات خاصة بالموقع.

5-تقييم التنظيف والإعادة لموقع البحيرات لغرض التخلص من المواد المشعة والاستفادة من الأرض (Remediation).

6-طرح المواد المشعة الصلبة كنفايات صلبة مشعة.

5 -4 طرائق التخلص من نظائر NORM في الترسبات الصلبة والأوحال:

المواد المترسبة الصلبة والأوحال تحتوي على مدى واسع من النشاط الإشعاعي للعناصر الطبيعية والتي تختلف في عمر نصفها. تكون هذه المواد بكميات مختلفة خلال الفترة التشغيلية لمنشآت النفط والغاز. و تجري حالياً في العالم عمليات لتطوير التنظيمات الخاصة بالتخلص من المواد المشعة الطبيعية الناجمة عن صناعة النفط.

توجد تنظيمات عديدة للتخلص من المواد المشعة عالمياً صادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية و غيرها من الوكالات الدولية. اهتمت هذه المنظمات في

السنوات الخمسة الأخيرة بموضوع المواد المشعة الطبيعية الناتجة عن صناعة النفط وعقدت من أجل ذلك عدة مؤتمرات ودورات حول الموضوع ولا زال هذا النشاط مستمراً.

يمكن تقسيم نفايات المواد المشعة الطبيعية NORM الناجمة عن هذه الصناعة إلى ثلاث فئات هي:

1 - المواد المشعة الطبيعية الحرة غير المتماسكة كالرواسب، والأوحال، المواد الصلبة الحرشفية، و التربة الملوثة.

2 - الأنابيب الملوثة.

3 - التجهيزات الملوثة مثل أجهزة الفصل والخزانات والصِّمامات و غيرها.

توجد عدة طرق للتخلص من هذه المواد مطبقة عملياً من عدة دول بشكل روتيني وتخضع إلى المعاهدات الدولية للحفاظ على الكائنات البحرية و سنذكر هنا بعض طرائق التخلص المأمون من هذه النفايات، و المقترحة من قبل العديد من الباحثين العاملين في هذا المجال في العالم.

من أهم هذه الطرق:

أ) الطرح إلى مياه البحار:

تقوم بعض الدول بطرح المواد المشعة الطبيعية (NORM) الصلبة إلى مياه البحار بعد الحصول على إذن من السلطات الرقابية في البلد. ولكن هذه الطريقة تؤدي إلى تراكم المواد الصلبة المشعة طبيعياً حول الحقول البرية على مدى عدة سنوات من الطرح. ويجب أخذ العوامل التالية بنظر الاعتبار.

1- تقييم الأضرار المؤثرة على الإنسان والبيئة.

2-تقييم جرع التعرض المهني ووضع برنامج للوقاية الإشعاعية لبعض النشاطات لغرض السيطرة على التعرض وتقليل انتشار المواد المشعة.

3-يحتاج إلى برنامج جيد لتوكيد الجودة ووجود سجلات لمعرفة كميات النفايات

المشعة ومداخلها.

ب - الحقن في البئر وطريقة التمزيق الهيدروليكي:

استخدمت هذه الطريقة للتخلص من المواد الصلبة المشعة طبيعياً والناتجة عن الصناعات النفطية في خليج مكسيكو للحقول البرية حيث تم حقن الأوحال و الرواسب الصلبة الحاوية لمواد مشعة طبيعية في المكمن النفطي، أو بطريقة التمزق الهيدروليكي في حوض مفصول جيولوجياً و ميكانيكياً عن مصادر المياه الجوفية المستخدمة للشرب. تخلط هذه المواد بالطين أو الإسمنت في تجهيزات خاصة بالخلط، ثم تُحقن النفايات المشعة (غير المنحلة في الماء) مع كمية كبيرة من الماء فتتحرك كلها معاً في المكمن النفطي.

ويجب أخذ النقاط التالية بنظر الاعتبار:

أ- اختبار الموقع نسبة إلى الاستقرارية على المدى البعيد للمكونات الجيولوجية المحيطة بالبئر والعمق اللازم لذلك.

ب- الحاجة إلى تغليف هذه المواد بالاسمنت.

ج- تقييم الأضرار على الإنسان والبيئة.

ت) الطرح في الآبار المهجورة وغير المستخدمة:

يعد البئر الذي استُنفِدَت فُرص استثماره مكاناً جيداً للتخلص من المواد المشعة الطبيعية، و ذلك بعد موافقة السلطة الرقابية للوقاية من الإشعاع المختصة في البلد المعني. يتضمن الطرح في الآبار المهجورة خلط المواد المشعة الطبيعية الصلبة بالإسمنت وتكون بين سدادين (plugs) داخل البئر.

خضعت هذه الطريقة إلى تقييم للجرع الإشعاعية الناتجة عنها وبرهنت بأن هذه الطريقة هي الطريقة المفضلة لطرح الترسبات الصلبة من الحقول البحرية وكذلك الأوحال الحاوية على الزئبق، تتميز هذه الطريقة بصعوبة عزل المواد غير المشعة لأنها لا تنحل إشعاعيا. من أهم النقاط التي يجب أخذها بنظر

الاعتبار هي:

أ – البئر المختار يضمن استقرارية للمكونات الجيولوجية المحيطة به لسنوات طويلة تحددها أطول عمر نصف للنظائر المشعة (مثل الراديوم-226 عمر نصفه 1600 سنة).

ب – ضرورة مزج الملوثات وإحاطتها بالاسمنت والأخذ بنظر الاعتبار الكلف المادية لذلك.

ت- تقييم للمخاطر الإشعاعية لتحديد المخاطر على الإنسان والبيئة لفترة طويلة والناتج عن تلوث المياه الجوفية.

ث - الحاجة إلى تقييم للتعرض المهني ووضع برنامج للرقابة الإشعاعية لغرض السيطرة على التعرض وتقليل انتشار الملوثات إلى الجمهور.

ح – وضع برنامج لضبط الجودة وفتح سجلات للنفايات المشعة الداخلة.

ث)الطرح السطحي (surface disposal):

الأراضي السطحية غير العميقة (shallow) احد الطرائق للتخلص من النفايات المشعة الطبيعية وقد أجريت كثير من الدراسات لتطوير هذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية لوجود الترسبات الصلبة والأوحال. من مساوئ هذه الطريقة وجود العناصر غير المشعة في الأوحال يجعل هذه الطريقة غير عملية للطرح .

أهم الخطوات الواجب استخدامها عند الطرح السطحي :

أ - اختيار الموقع المناسب بأقل عمق ممكن وهذا الاختبار يركز على تقليل تأثير هذه الملوثات واستقراريتها لفترة طويلة وعلى الكلفة الاقتصادية لنقل هذه المواد.

العوامل الأساسية الواجب تطبيقها عند اختيار الموقع وحسب توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية هي:

- العوامل المناخية والجوية.يكون الموقع باتجاه معاكس للريح السائدة

- المياه واحتمال الفيضانات.يكون الموقع بعيدا عن السدود ومواقع السيول.

- الزلازل والبراكين. من المتطلبات الأساسية لاختيار الموقع جمع المعلومات التاريخية عن الزلازل والبراكين وكذلك القياسات والخرائط الزلزالية.

- عدم تأثير الموقع على الثروة المعدنية واستخراجها.

- استغلال الأرض.

- لا يؤثر الموقع على نمو النبات والبساتين والمزارع.

- قرب الموقع من شبكة المواصلات البرية او البحرية للتسهيل نقل الملوثات

ب - الاستقرار طويل الأمد للموقع.

ت- تقييم للمخاطر الإشعاعية لتحديد المخاطر على الإنسان والبيئة لأمد طويل والناتج عن تلوث المياه الجوفية.

ج) نثر المواد المشعة على الأرض أو دفنها:

يمكن التخلص من المواد المشعة الطبيعية الحرة (الرواسب، الوحل ، التربة الملوثة) بنثرها على الأرض و خلطها بتربة نظيفة. و لكن تحتاج مثل هذه الطرائق إلى دراسات معمقة لتقدير خطر انتقال المواد المشعة إلى الإنسان. حيث أن طريقة نثر المواد المشعة بعد التخفيف أو بدونه وصفت بأنها من الطرق المهمة في الصناعة النفطية. ولكن قبول هذه الطريقة للتخلص من المواد الصلبة المشعة تحيط به الشكوك نتيجة لوجود العناصر الثقيلة والهيدروكاربونات السامة.

ح) الطرح في الطبقات العميقة داخل الأرض :

طرح المواد المشعة في الطبقات العميقة من الأرض قد تم دراستها بشكل كبير واستخدامها للتخلص من النفايات المشعة ذات النشاط الإشعاعي العالي والمتوسط والناتجة عن دورة الوقود النووي. التخلص من النفايات المشعة

طبيعياً (NORM) والناتجة عن الصناعات النفطية بهذه الطريقة يعتبر فعالاً. وخاصة التخلص منها بطمرها في مناجم المعادن العميقة والغير مستخدمة وقريباً من المنشآت النفطية لغرض التقليل من الكلفة الاقتصادية للنقل وعند استخدام هذه الطريقة يجب الأخذ بالاعتبارات التالية:

1- كلفة تشغيل واختبار مثل هذه المواقع للطمر مقارنة بالمواقع الأخرى.

2 - موقع الطمر نسبة إلى مواقع إنتاج النفط والغاز.

3 - معاملة النفايات والتعامل معها ورزمها.

4- كلفة النقل وخضوعه إلى متطلبات النقل الآمن للمواد المشعة.

خ)التدوير بالصهر **Recycling by melting**:

تعتبر هذه الطريقة من الطرق المهمة للتخلص من المواد المشعة الطبيعية وتعتبر كذلك طريقة لإزالة التلوث عن الأنابيب الملوثة.حيث يمكن صهر الأنابيب و التجهيزات الحاوية لمواد مشعة طبيعية فتتراكم هذه المواد بالدرجة الأولى في الخبث الذي يمكن أن ينقل إلى مخزن مرخص له في التخلص من المواد المشعة. توجد دراسات متقدمة لعملية صهر المعدات والأنابيب الملوثة بالمواد المشعة. وتوصلت هذه الدراسات إلى أن تكون عملية الصهر اختياراً قابلاً للتطبيق في حالة الأنابيب الملوثة و المعدات الأخرى عندما توافِق عليها السلطة الرقابية.

الملوثات المشعة الطبيعية تتركز في الأوحال تتم هذه الطريقة بصهر المعدات الملوثة مع معدات أخرى غير ملوثة كثيرة. إن إضافة المعدات غير الملوثة مع الحديد يؤدي إلى تخفيف جيد لمعدات السكراب الملوثة بحيث أن النشاط الإشعاعي للمواد المشعة طبيعياً في الوحل أو في الغازات المشعة المطروحة إلى البيئة (مثل Po^{210} ، Pb^{210}) تكون قليلة. من أهم المخاطر الإشعاعية لهذه الطريقة هي الجرعة التي يتعرض لها العاملين أثناء تقطيع معدات السكراب إلى

أجزاء صغيرة لكي تتلاءم مع حجم أفران الصهر.

إن إعادة تدوير السكراب الملوث بـالمواد المـشعة قـد تـم تحديـده في الـسنوات الأخـيرة وذلـك لأمـور قانونية تتعلق بتجـارة الـسكراب. حيـث أن هـذه المـواد ومنـشآت الـصهر لهـا يـتم مـسحها إشـعاعيا باستخدام الأجهزة المحمولة لغرض رفض السكراب الملوث .

د - تقليل الحجم (Volume Reduction)

الأوحال الملوثة بنظائر NORM يمكن تقليل حجمها بإضافة بعض المواد الكيميائية التـي تعـزل المـواد الصلبة عن الهيدروكاربونات بعدها تجزأ المواد الصلبة استنادا على حجمها. هذه الطريقة تركز التلوث الإشعاعي في الأجزاء الدقيقة من الوحل ، أما الأجزاء الكبـيرة مثـل الحـصى والرمـل فتكـون خاليـة مـن التلوث الإشعاعي ويمكن فصلها وطرحها اعتياديا .تم تجربة هـذه الطريقـة عـلى الرواسـب الـصلبة في الأنابيب الملوثة بنظائر NORM لكن كفاءتها قليلة حيث أنها تقلـل كفـاءة الرواسـب الـصلبة بنـسبة 10%.

5 -5- الطرح في الهواء:

النويدات المشعة طبيعيا NORMالمهمة في الدفق الغـازي هـي الثـورون Rn^{220} والـرادون Rn^{222} ويـؤدي استنـشاقها وليـدتهما والتـي تلتـصق بجزيئـات الغبـار الـصغيرة ، إلى التعـرض داخليـا لجـرع فعالة. وفي بعض الحالات فقد يطرح الرادون Rn^{222} وبنسبة اقل الثـورون Rn^{220} مـن خـلال شـعلة الغاز. وقد يكون كل مـن الثـورون Rn^{220} والـرادون Rn^{222} موجـودة في المبـاني لـذلك فـان الـدول الأوروبيـة والولايـات المتحـدة الأمريكيـة وضـعت تـشريعات لاتخـاذ إجـراءات التـدخل الفعالـة عنـد تركيز أكثر من 300 و 200 Bq/m^3 ، على التوالي. أمـا في أمـاكن العمـل فـان التركيـز لاتخـاذ إجـراءات التدخل الفعالـة تـصل إلى الـضعف.وقـد أوصي بـان النـشاط الإشـعاعي النـوعي في تطبيـق إجـراءات

مستوى التدخل هو 600 Bq/m^3 للرادون (Rn^{220}) و 400 Bq/m^3 الثورون Rn^{222} في ألانبعاث الغازية.

عند استنشاق وليدات الرادون وهيPo^{218} و Po^{214}, والتي تكون ملتصقة بذرات الغبار أو الدخان والتي تترسب في الرئتين فتشعع خلايا الجدار المخاطي للرئتين والحويصلات الهوائية والتي قد تحفز خلايا الجهاز التنفسي فتنقسم بشكل غير مسيطر علية فيتكون السرطان . المعلومات المتوفرة عن التأثير الإشعاعي للرادون معروف جيدا من خلال البحوث المستفيضة خلال الخمسين عاما الماضية على عمال المناجم والعلاقة السببية بين سرطان الرئة واستنشاق وليدات الرادون وكذلك سكان البنايات ذات التهوية السيئة . يساهم التركيز العالي للرادون بشكل كبير إلى الجرعة السنوية للجمهور والناتجة عن المصادر الطبيعية والمعززة تكنولوجيا . وبشكل عام فان جميع المواد التي يكون النشاط الإشعاعي النوعي لها اكبر من مستويات العمل الموضحة في الجدول(1 -5) تطلب رخصة من السلطات المحلية لتجميع او التخلص منها. المجموع السنوي للحدود الواجب التخلص منها وطريقة التخلص يجب ان توضع من قبل السلطة الرقابية

المواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM يتم طرحها وفقاً للقوانين والأنظمة المرعية للتخلص من مثل هذه النفايات وذلك:

1- تسليم النفايات الصلبة والأوحال إلى منشأة معالجة نفايات مجازة، أو التخلص من النفايات بطريقة تحقق معايير الوقاية الإشعاعية وفق خيارات التخلص في الموقع نثرها على سطح الأرض مع أو بدون تخفيف، الحقن في الآبار، الحقن بالتمزيق الهيدروليكي، الدفن على أعماق مختلفة، التخزين ضمن الموقع، صهر المعدات والتجهيزات الملوثة.

2 - يجب أن يتم التخلص من المعدات والتجهيزات الملوثة بمستويات إشعاعية

تزيد عن الحدود المسموح بها، بحيث يمنع استخدمها قبل إزالة تلوثها .

3 -يجب أن يتم تسليم النفاية الحاوية على المواد المشعة للتخلص منها إلى الشخص أو الجهة المرخصة لاستلام مثل هذه النفاية.

4- يجب حفظ سجلات التخلص من النفايات بما فيها وثائق النقل.

5 – عندما يتم التخلص من النفايات الطبيعية المشعة NORM ، يجب الاحتفاظ بسجلات للأنشطة قبل التخلص منها. وينبغي أن يشمل التوثيق على سبيل المثال لا الحصر :

- وصف النفايات (وحل ، مواد صلبة حرشفية ، أو سكراب ، الخ).
- حجم ووزن النفايات ومستوى النشاط الإشعاعي لوحدة الوزن من النفايات.
- طريقة التخلص و موقع الطمر.
- الجهة والموقع الذي تولدت فيه النفايات المشعة و أي معلومات أخرى ذات صلة.

الفصل السادس

الوقاية من الإشعاع عند التعامل

مع المواد المشعة طبيعيا NORM في إنتاج النفط والغاز

1-6 الوقاية من الإشعاع من المواد المشعة الطبيعية الناتجة عن صناعة النفط والغاز لا تختلف في الأساس عن أساليب الوقاية الإشعاعية من المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي الواطئ، بحيث تكون الجرعة للعاملين والجمهور اقل ما يمكن التوصل إليها عملياً (ALARA) . يتعرض العاملون في صناعة النفط لِخطر الإشعاع الصادر عن المواد المشعة الطبيعية أثناء العمل بالقرب من فوهة الآبار ومعدات الإنتاج مثل شبكة أنابيب نقل النفط، خزانات فصل النفط ، أماكن معالجة وإزالة الأجهزة الملوثة، ومخزن المواد المشعة الطبيعية والتي تحوي الرواسب الصلبة الحرشفية التي تم إزالتها من المعدات الملوثة و الوحل و الأجهزة. و لا بد من إتباع الإجراءات الوقائية اللازمة، التي تحكمها قوانين الإشعاع الصادرة عن السلطات الرقابية في البلد المعني. و تختلف طبيعة الإجراءات تبعاً لنوع التعرض الإشعاعي.

2-6 التعرض لخطر الإشعاع الصادر عن المواد المشعة الطبيعية نوعان وهما التعرض الخارجي الناتج عن المواد المشعة الباعثة لأشعاعه جاما، والتعرض الداخلي والذي ينتج عن المعابر الثلاثة. للوقاية من هذا التعرض يجب العمل ضمن إجراءات الوقاية من الإشعاع حسب توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ولكن في غياب نظام مراقبة إشعاعية جيد في عمليات استخراج النفط والغاز فان المواد المشعة الطبيعية (NORM) قد يؤدي إلى تعرض خارجي خلال الإنتاج وذلك لتراكم النويدات المشعة الباعثة لأشعة جاما أو من التعرض الداخلي للعاملين والجمهور وخاصة خلال عملية الصيانة، ونقل المعدات والأجهزة الملوثة، وإزالة التلوث.

3-6 التعرض الخارجي سببه التعرض لأشعة جاما فقط. لذلك ينبغي عند التعامل مع نظائر NORM اعتبارها مصادر مغلقة ولتقليل التعرض منها ينبغي التقيد بالمبادئ الأساسية لتقليل التعرض وهي الدرع ، الزمن ، والمسافة. مثل هذا التعرض يحدث من المصادر المغلفة الملوثة بالمواد المشعة طبيعيا(NORM) والأجهزة الإشعاعية. قد يولد ترسب المواد الصلبة والأوحال في الأنابيب والأوعية معدل جرعة داخل وخارج هذه المعدات تؤثر على العاملين والجمهور. وليدات نظائر الراديوم وفي الأخص Ra^{226} يبعث أشعة جاما التي لها القدرة على النفوذ من خلال جدران هذه المعدات وكذلك فان أحد وليدات Th^{228} وهو Tl^{208} يبعث بأشعة جاما ذات طاقة عالية والتي تساهم بشكل كبير إلى معدل الجرعة خارج سطوح هذه المعدات.ان معدل الجرعة يعتمد على الكمية والنشاط الإشعاعي للنويدات المشعة الموجودة داخل المعدات.

6 -4 معدل الجرعة العظمى خارج سطوح هذه المعدات يتراوح بين بضع من µSv/h إلى بضع مئات من µSv/h وهي اكبر من 1000 مرة من الخلفية الإشعاعية الاعتيادية ويوضح الجدول(6 - 1)هذه الجرع.أما الترسبات الحاوية على Pb^{210} فلا يمكن تقييمها من خلال القياس خارج المعدات لأن طاقة أشعة جاما المنبعثة منها منخفضة وكذلك جسيمات بيتا وكلاهما لا يخترق المعدات، لذلك فان الجرعة الخارجية الناتجة عن Pb^{210} لا تساهم في الجرعة الناتجة عن التعرض الخارجي ولكن التعرض منها يكون مؤثرا عند فتح هذه المعدات . معدل الجرعة على السطح الخارجي للأجهزة الحاوية على مواد NORM قد تصل إلى مقدار100 µ Sv/h وهي أكثر من الخلفية الإشعاعية بمقدار 1000 مرة.

الجدول(6 - 1)معدل الجرعة الخارجة لبعض آبار إنتاج النفط

الموقع	معدل الجرعة «µSv/h
الأنابيب داخل البئر وصمامات الأمان	أكثر من 300
سطح البئر	22.5 – 0.1
خطوط الإنتاج	5- 3.5
أجهزة الفصل «القياس من الداخل»	أكثر من 200
أجهزة الفصل «القياس من الخارج»	أكثر من 15
الماء الخارج	0.5 – 0.2

6 -5 في الشروط المسيطر عليها فان هذه الجرعة قد لا تؤدي إلى أضرار كبيرة ، وذلك بتقليل الجرعة عن طريق تقليل زمن التعرض والابتعاد عن هذه الأجهزة ولكن في ظروف استخدام معدات ملوثة عن قرب والبقاء فترة زمنية كبيرة قربها فان الجرعة تكون لها إضرار بيولوجية. يمكن الكشف بالأجهزة المحمولة عن تراكم ترسبات الراديوم بدون فتح هذه المعدات وعند فتح المعدات لغرض الصيانة فسوف تزداد الجرعة.

6 -6 وجود المواد المشعة الطبيعية NORM في المنشآت لا يسبب تعرضاً إشعاعيا خارجياً كبيراً يتعدى حدود الجرعة السنوية للعاملين حيث أن التعرض من هذه المواد يكون قليل بحيث لا يتطلب اخذ إجراءات وقائية صارمة. ولكن توجد بعض الحالات التي تكون فيها الجرعة الناتجة عن هذه المواد كبيرة ويمكن تقليل جرع التعرض بزيادة المساقة عن المعدة وتقليل زمن التعرض وقد وجد أن وضع محددات الدخول وتقليل زمن التواجد قرب هذه الأنابيب يقلل من معدل الجرعة السنوية المستلمة و خاصة أشعة جاما، ينبغي إتباع أساسيات

الوقاية الإشعاعية و الذي يعتمد على كلاً من المسافة و الزمن والتدريع .

6 -7 يجب خفض زمن المكوث بالقرب من مصدر الأشعة المؤينة إلى أقصى ما يمكن و من المفضل تدوير العاملين و تغيير مهامهم حيناً بعد حين، و خاصة الأماكن التي يحصل فيها تعرض لجرعات إشعاعية مرتفعة. لأنه من الأفضل أن توزع الجرعة على عدد من العاملين بدلاً من عامل واحد.

6 -8 على العامل البقاء أبعد ما يمكن عن أي مصدر للأشعة المؤينة إذ ينخفض التعرض الإشعاعي بسرعة عند الابتعاد عن المصدر كون التعرض الإشعاعي يتناسب عكسيا مع مربع المسافة عن المصدر.

6 -9 يفضل زيادة التدريع ما أمكن بين العامل و المادة المشعة حيث يقوم الدرع بامتصاص وتوهين بعض الأشعة الصادرة عن المادة و يعتمد ذلك على نوع مادة الدرع. لا يمكن عادة استخدام هذا الأسلوب لحماية الأشخاص من الأشعة الصادرة عن المواد المشعة الطبيعية في الحقول النفطية. لان الحديد الذي تصنع منه المعدات النفطية يعد درعاً ملائماً من التعرض المنخفض نسبياً، الناتج من المواد المشعة الطبيعية. ان البراميل التي تحوي الرواسب الصلبة التي تم إزالتها هي سبب أكثر التعرض الناشئ عن المواد المشعة الطبيعية الموجودة في الحقول لهذا يجب أثناء تخزين عدد كبير من البراميل في المستودع إحاطة البراميل، التي تولد جرع أعلى من سواها، ببراميل تظهر قراءات أخفض.او استخدام براميل سميكة.تتطلب الخطوتين الأولى والثانية تصميم منطقة إشراف وسيطرة والتي يكون الدخول إليها محكوم بضوابط. أما الخطوة الثانية فان الأنابيب التي في داخلها المادة المشعة يمكن اعتبارها درعاً وقائيا. أما إذا وجدت كمية كبيرة من المواد المشعة طبيعيا (NORM) ذات نشاط إشعاعي عالي فيجب خزنها في أوعية خاصة لكي تقلل من أشعة جاما النافذة منها إلى مستويات مقبولة.

6 -10 - التعرض الداخلي ينتج عن استنشاق أو ابتلاع المواد الملوثة الصلبه

المشعة. ويكون الخطر الإشعاعي كبيرا عند دخول هذه المادة في أنسجه الجسم. لأن التأثير البيولوجي لجسيمات الفا هو أعلى بكثير من تأثير فوتونات أشعة جاما بمقدار 20 مرة. لذلك يجب ان تكون الوقاية الإشعاعية جيدة. ينبغي في حالة التعرض الداخلي أن يتعامل مع نظائر NORM باعتبارها مصادر مفتوحة لغرض الحد من ملامستها للجلد باستخدام القفازات والمعدات الوقائية الأخرى.

6 -11- التعرض الداخلي هو عملية دخول المصادر المشعة إلى داخل جسم الإنسان . ان التقرب من المصادر المفتوحة أو انتشار المواد المشعة طبيعيا (NORM) أثناء عملية إزالة التلوث الإشعاعي أو عند صيانة الأجهزة الملوثة تسبب تعرض داخلي ، وفي حالة المصادر المشعة طبيعيا فيجب الاهتمام بغاز الرادون المشع الذي يتجمع قرب مصادر المواد المشعة طبعاً.

6 -12 عند غياب أي سيطرة على المواد المشعة طبيعيا فان التلوث الداخلي يمكن أن يحصل نتيجة للاستنشاق أو الابتلاع للنويدات المشعة. وهذا يحصل عند تنظيف المعدات الملوثة أو نقلها أو فتحها لغرض الصيانة عند عدم اخذ الحيطة قبل الأكل والشرب والتدخين، وكذلك يأخذ الحذر بعدم انتشار هذه الملوثات إلى خارج منطقة العمل وكذلك عدم جعل الهواء ملوثاً بالمواد المشعة نتيجة لتعلق هذه الدقائق في الهواء.

6 -13 مخاطر الجرعة الناتجة عن الاستنشاق تعتمد على الخواص الفيزيائية والكيماوية والنشاط الإشعاعي (NORM) وعلى معدل القطر الايروداميكي لجزئيات المادة المشعة. و لتفادي مثل هذا الانتقال لا بد من تحديد المناطق الملوثة، و نشر الوعي بين العاملين حول وجود مثل هذه التلوث. ووضع إشارات التحذير و الأشرطة أو الأسلاك حول المنطقة الملوثة .

6 -14 توجد قواعد عامة للوقاية من التعرض الداخلي أثناء العمل في مناطق ملوثة بالمواد المشعة الطبيعية و هي:

- يمنع الأكل و الشراب و التدخين و العلك واستخدام مواد التجميل للنساء(Cosmetics) في المناطق الملوثة أو المحظورة.
- استخدام أجهزة التنفس الاصطناعي و الألبسة الملائمة.
- إجراء كشف إشعاعي للتحري عن تلوث العاملين عند خروجهم من المنطقة الملوثة.
- غسل اليدين و الوجه قبل تناول الطعام و الشراب أو التدخين. و الحفاظ على ما تحت الأظافر نظيفاً. و غسل ملابس العمال على الدوام.
- استخدام الطرق الرطبة لإزالة المواد المشعة طبيعيا لغرض تقليل انتشار العوالق الملوثة في الهواء.ووضع المواد في حاويات تمنع انتشارها.
- تعامل المعدات على إنها ملوثة بالمواد المشعة الطبيعية عندما يزيد مستوى تعرّضها الإشعاعي الخارجي عن حد تحدده السلطة الرقابية للبلد المعني.

6 - 15 - إزالة التلوث في موقع العمل تنجم عنه مخاطر إشعاعية للعاملين والجمهور لذلك ولغرض وقاية العاملين والجمهور والبيئة يتم رصف أرض مناطق التنظيف الدائمة بالخرسانة وتغطية أرض مناطق التنظيف بالبلاستيك قبل البدء بعمليات إزالة المواد المشعة الطبيعية عن المعدات لتلافي التلوث الإشعاعي. و تستعمل عادة الأغطية البلاستيكية لأرض منطقة العمل لاحتواء التلوث و تسهيل إجراءات التنظيف بعد إتمام العمل.وتجري أعمال الإزالة في مناطق جيدة التهوية لغرض عدم تراكم غاز الرادون المشع.

6 -16- الأجهزة أو الموقع يحتاج إلى إزالة التلوث لغرض رفع الرقابة (Clearance) من متطلبات السلطة الرقابية لغرض تدوير هذه الملوثات أو طرحها إلى البيئة كملوثات اعتيادية.

6 -17- يجب أن يعلم عاملو ازالة التلوث بالمخاطر الإشعاعية واتخاذ الإجراءات الضرورية للوقاية وان يتقن جميع العاملين استخدام أجهزة الوقاية

الفردية التي يجب ارتداؤها أثناء أعمال الإزالة إضافة إلى معرفتهم للإجراءات الصحيحة لدخول منطقة وجود المواد الملوثة طبيعيا.**ومن** أهم أجهزة الوقاية الفردية خلال العمل مع المواد الملوثة بنظائر (NORM) هي القناع الواقي لنصف الوجه ، بدلة ذات استخدام واحد، حذاء مطاطي ونظارات وقائية.

6 -18- استخدام معدات احتواء للمواد المشعة تشكل غرفة بلاستيكية لعدم انتشار المواد المشعة إلى خارج موقع العمل أو أن المعدات تأخذ إلى خارج المواقع لغرض إزالة تلوثها. وتوضع على سطح الأرض وفي موقع العمل قطع من البلاستك مقاومة للماء قوية بما فيه الكفاية لتحمل وجود الأجهزة الحديدية الملوثة بدون أن يثقب أو يقطع.

6 -19 من المسالك للتعرض الإشعاعي الابتلاع حيث انه عند فترة الصيانة أو إزالة التلوث من المعدات فان الخطر الناتج عن ابتلاع مواد مشعة يمكن ان يكون أقل ما يمكن وذلك باستخدام طريقة إزالة التلوث الرطبة واستخدام الملابس الوقائية وإتباع أساليب العمل الصحيحة.

6 -20 - المسالك الأخرى للتعرض الإشعاعي ينتج عن استنشاق المواد المشعة الطبيعية NORM أو يمكن أن ينتج من عمليات القطع، الصقل للمواد الملونة بواسطة الطرق الجافة واستخدام طرق مناسبة لمنع تلوث الهواء. ان الجرعة المكافئة المستودعة الناتجة عن استنشاق المواد المشعة لوحدة الكمية للرواسب الصلبة يكون عالي.ان الرواسب الصلبة لا يمكن أن تذوب بسهولة في الحوامض المخففة وكذلك فإن دقائق هذه المواد تقاوم عملية الذوبان والطرح من الرئتين.

يوضح الجدول (6 – 2) أن الجرعة السنوية الناتجة للجمهور تفوق حدود الجرعة للجمهور والبالغة 1 mSv ، عند استنشاق كمية مقدارها 125 gm .ان اكبر جرعة تكون ناتجة عن النظائر Ra^{226}، Ra^{228}،Th^{228}، ويتضح عن ذلك

بأن مكافئ الجرعة المستودعة الناتجة عن الاستنشاق اكبر من الجرعة الناتجة عن الابتلاع.

6 -21 - لا يجوز أن تجري عمليات طرح المواد المشعة الطبيعية بحيث يتلقى فيها الجمهور حد الجرعة السنوي. (1 mSv/yr) أي تطبيق مبدأ ALARA

6 -22 - يجب أن لا تتضمن الجرعة الناجمة عن غاز الرادون في حساب الجرعة الفعالة الكلية السنوية .ومنع تراكم غاز الرادون في داخل البنايات بحيث لا يزيد تركيزه عن الحدود المعتمدة في أمريكا والبالغة (0.148 Bq/l).

6 - 23 - لا يجوز لأي شخص طرح المواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً أو التخلص منها في مناطق الاستخدام غير المحظور بطريقة يتلقى الأفراد المعرضون حد قيد الجرعة. يعتبر حد قيد الجرعة جزء من الجرع المسموح بها وذلك لضمان أن التعرض الإشعاعي من عدة مصادر لا يزيد عن حد الجرعة السنوي 1 mSv/yr.

الجدول (6 - 2) الجرعة السنوية الناتجة للجمهور عند استنشاق كمية مقدارها 125 gm.

النويدة المشعة	عامل تحويل الجرعة Sv/ Bq	التركيز Bq/gm	مكافئ الجرعة المستودعة Sv/gm
Ra^{226}	9.5×10^{-6}	200	1.9×10^{-3}
Pb^{210}	5.6×10^{-6}	50	2.8×10^{-4}
Po^{210}	4.3×10^{-6}	50	2.2×10^{-4}
Ra^{228}	1.6×10^{-5}	100	1.6×10^{-3}
Th^{228}	4.0×10^{-5}	100	4.0×10^{-3}
Ra^{224}	3.4×10^{-6}	100	3.4×10^{-4}
المجموع			8.3×10^{-3}

6 - 23 - لا يجوز لأي شخص طرح المواد المشعة الطبيعية NORM أو التخلص منها في مناطق الاستخدام غير المحظور بطريقة يتلقى الأفراد المعرضون حد قيد الجرعة. يعتبر حد قيد الجرعة جزء من الجرع المسموح بها وذلك لضمان أن التعرض الإشعاعي من عدة مصادر لا يزيد عن حد الجرعة السنوي 1 mSv/yr.

6 -24 - التقليل من التعرض الداخلي يتم عن طريق منع تناول الطعام و الشراب و التدخين و المواد التجميلية في مناطق العمل الذي يجري فيه تداول المعدات.وكذلك لبس المعدات الوقائية عند التعامل مع نظائرNORM وتتكون المعدات من جهاز للتنفس، بدلة من البلاستك ذات استخدام واحد، نظارات، حذاء بلاستيكي طويل، و أجهزة تنفس اصطناعية مناسبة إذا تطلب العمل على تجهيزات يمكن أن يتولد منها عوالق هوائية ملوثة لتقليل التماس المباشر مع المواد المشعة.

6 -25 عدم انتقال الملوثات إلى البيئة المجاورة من مواقع العمل من خلال احتواء المادة الملوثة داخل التجهيزات الملوثة بالمواد المشعة وتغطية الأرض باستخدام أغطية من البلاستيك للتقليل من تولد أي غبار أو انتقال للرواسب أو الأوحال فتلوث التربة المحيطة بالمنطقة.

26- 6 - قياس جرع التعرض الشخصي في مواقع وجود التجهيزات الملوثة. ويتم التعامل مع الأوحال و الرواسب الصلبة الملوثة بالمواد المشعة بعد ترطيبها لتقليل إثارة الغبار إلى أقل حد ممكن.

6 -27 -عند تنظيف خزانات النفط يجب تهوية الخزان وذلك للتخلص من غاز الرادون، الذي يتولد ويتراكم نتيجة لتحلل (الراديوم -226) إضافةً إلى التخلص من معظم الأبخرة السامة وأبخرة الهدروكاربونّات. يوصى باستخدام أجهزة تنفس صناعية خلال الدخول الأول إلى خزان التجميع من أجل التنظيف أو

التفتيش.

6 -28- المعدات المستخدمة في أعمال التنظيف، يجب إزالة تلوثها ، بغسلها بالماء والصابون، أما المواد والمعدات الملوثة، التي لا يمكن إزالة التلوث عنها، فتوضع في أكياس بلاستيكية يحكم إغلاقها وتخزن لفترة ثم تطمر باعتبارها نفايات مشعة.

6 -30 -عدم طرح المياه الناتجة عن الإزالة إلى المجاري العامة أو البيئة إلا بعد التأكد من أنها تحوي تراكيز منخفضة من المواد المشعة، تعادل الحدود المسموح بها أو اقل ضمن المعايير الموضوعة من السلطة الرقابية.

6 -31 - يحظر دخول الأشخاص غير المرخص لهم إلى مناطق تنظيف التجهيزات، و يجب أن يكون عدد الأشخاص في مناطق التنظيف أقل ما يمكن.

6 -32 - يجب إجراء مسح إشعاعي للمعدات المطلوب إزالة تلوثها قبل عمليات الإزالة و بعد انتهائها لمقارنة القراءات وحساب عامل الإزالة والذي يساوي النسبة بين القراءات قبل الإزالة إلى القراءات بعد الإزالة والذي يجب ان يكون اقل من الواحد بكثير ثم يقارن العامل مع القيم العالمية.

6 - 33 - وضع الرواسب الصلبة والأوحال وجميع الملوثات الأخرى في حاويات مناسبة للتخزين و أن تمرر المياه الناتجة عن عملية إزالة التلوث عبر مرشحات لامتصاص الملوثات منها و إعادة استخدامها أو طرحها.

6 - 34 - يجب التعامل مع المعدات الملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM ونقلها وتخزينها وصيانتها أو التخلص منها بطريقة مسيطر عليها. ينبغي وضع سياقات عمل و ضوابط لضمان التعامل مع المعدات بحيث تضمن حماية العاملين ومنع تلوث البيئة. لذلك ،فمن الأهمية بمكان أن نفهم كيف يمكن مراقبة ونقل المواد المشعة. مثل نقل أنبوب الحفر ، والذي يحتوي على مستوى منخفض من النفايات الطبيعية المشعة NORM الصلبة ونقلها من مكان إلى

آخر والى مرافق إعادة المعالجة والذي يؤدي إلى التعرض الإشعاعي غير المقصود وانتشار هذه الملوثات.ينبغي النظر إلى الحد الأدنى من المتطلبات التالية للسيطرة على المعدات الملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM:

6 - 35 - ينبغي إزالة التلوث من المعدات قبل الاستخدام غير المقيد و تخزينها في مناطق محددة التخزين. تخزن في المناطق التي تستخدم على وجه الحصر لتخزين المعدات الملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM.

6 - 36 - ينبغي أن تحمل علامات تحذيرية واضحة بأنها ملوثة بهذه المواد.

6 - 37 - ينبغي التعامل معها من قبل أشخاص مدربين على مخاطر النفايات الطبيعية المشعة NORM ويستخدمون معدات الوقاية الشخصية.

6 - 38 - عدم إرسالها إلى ورش للصيانة / التصليح دون إبلاغ عمال الورشة بأنها ملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM.

6 - 39 - يتم إزالة تلوثها في منشأة إزالة التلوث المعتمدة وفقا لبروتوكول التطهير المعتمدة. وبمجرد التحقق من أنها خالية من التلوث NORM ، فان تلك المعدات يمكن :- إعادة استخدامها بعد إرسالها إلى ورشة عمل من أجل إصلاحها قبل أن يتم إعادة استخدامها.

- يتم بيعها أو التخلص منها كخردة .

6 - 40 - كل الأجزاء المفتوحة للمعدات مثل الشفة (flange) ونهاية الأنبوب ، ينبغي تغطيها على نحو كاف بمواد بلاستيكية سميكة أو مواد مناسبة أخرى لضمان أن المواد المشعة لا تتسرب من هذه المعدة.

6 - 41 - مراجعة روتينية لجميع المعدات الملوثة إشعاعيا في المخزن لضمان اتخاذ تدابير وقائية كافية. وينبغي إجراء الاختبارات الروتينية على أساس ربع سنوي على الأقل.

6 - 42 - ينبغي توفر سجلات مفصلة لجميع المعدات المشعة المخزنة الملوثة.

6 - 43 - عند دخول العمال الخزانات الملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM لغرض إجراء أعمال ازالة التلوث عن الأجهزة والمعدات الملوثة ينبغي التقيد بالمبادئ التوجيهية التالية :

- تدريب العاملين على كيفية التعامل مع NORM والمخاطر المرتبطة به
- جميع العمليات المرتبطة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM ينبغي أن تنفذ من خلال نظام آمن من العمل يحدد المخاطر ويسلط الضوء على الوقاية و الاحتياطات.
- أي معدة أو منطقة ملوثة بالنفايات الطبيعية المشعة NORM ينبغي أن تخضع لضوابط العمل الإشعاعي .
- ينبغي ارتداء معدات الوقاية الشخصية المناسبة والتي تتضمن (المآزر للجسم باجمعه ، قفازات،أجهزة التنفس نصف الوجه).
- لا يسمح بالأكل ،الشرب ،التدخين والعلك في مناطق العمل حيث هناك إمكانية للتلوث بالمواد المشعة طبيعيا .
- ينبغي أن يسمح للأفراد الأساسين فقط بالدخول إلى المنطقة المحتمل تلوثها.
- يجب أن يغسل العاملين بشكل كامل بكميات وفيرة من الماء والصابون ، بعد العمل مع المعدات الملوثة ، وقبل الأكل والشرب ، أو التدخين ، وعند نهاية يوم العمل.
- استخدام نظم العمل التي تقلل من توليد النفايات المشعة .

6 - 44 - لضمان توضيح هيكلية إدارة النفايات الطبيعية المشعة NORM ، فقد وضعت منظمة الدول المنتجة للنفط والغاز الدورة العملية والتي تشير إلى العمل والضوابط اللازمة لضمان توفير الحماية الكافية للعاملين والجمهور والبيئة بطريقة عملية وفعالة من حيث التكلفة الشكل (1 – 6).

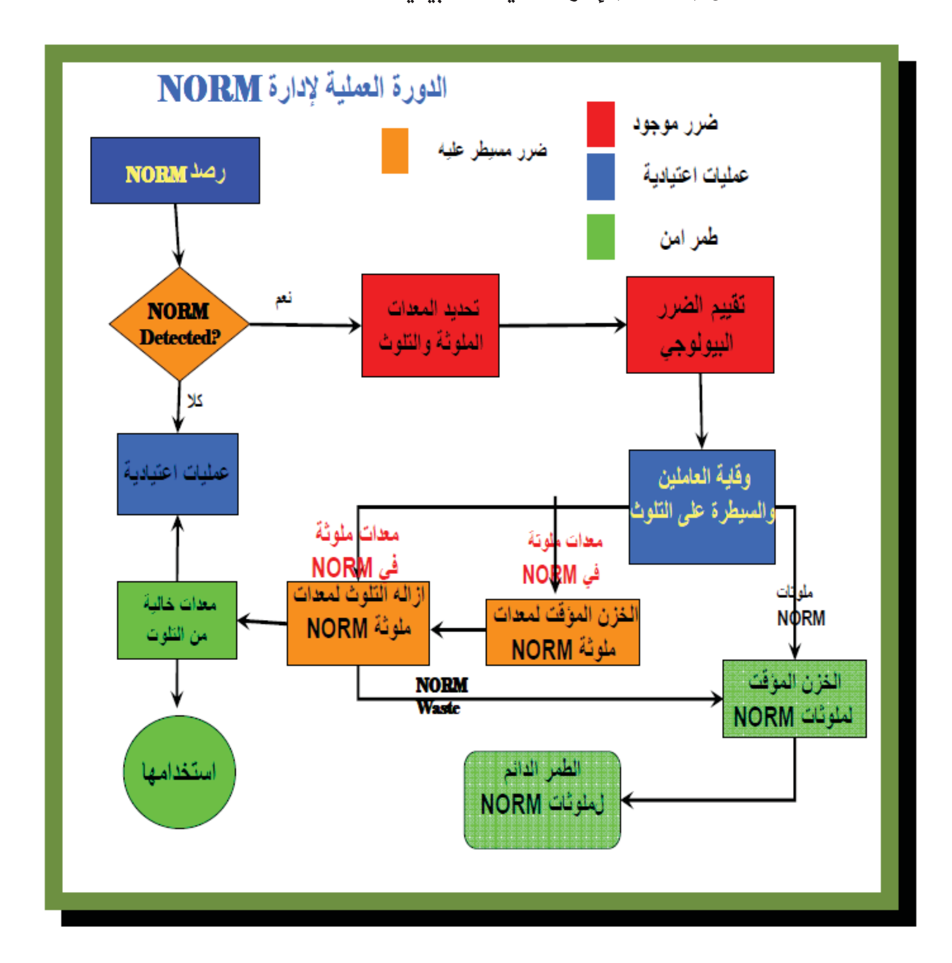
6 - 45 - يتم تنفيذ إدارة النفايات الطبيعية المشعة NORM بعد التشاور مع

أصحاب المصلحة و موافقة السلطة الرقابية أي أن إدارة النفايات الطبيعية المشعة NORM لا يمكن للشركات القيام بها بشكل مستقل.

6 - 46 - إستراتيجية إدارة النفايات الطبيعية المشعة NORM في العمليات أمر ضروري لنجاح المؤسسة أهم المجالات الرئيسية التي يجب النظر فيها في هذه الإدارة هي :

- رصد النفايات الطبيعية المشعة NORM .
- التحكم في النفايات المشعة الملوثة.
- التحكم في المعدات الملوثة إشعاعيا.
- وقاية العاملين والتدريب.
- وضع المبادئ التوجيهية لإدارةNORM .
- رصد الامتثال.

الشكل (6 – 1) إدارة النفايات الطبيعية المشعة NORM



الفصل السابع

الرصد الإشعاعي لملوثات NORM

7 - 1 - الغرض من الرصد الإشعاعي لملوثات NORM هو التأكد من وجود هذه الملوثات في أي موقع عن طريق القياس المباشر باستخدام الأجهزة المحمولة لقياس مستويات الإشعاع المنبعث من الحقول البرية أو البحرية.أو يمكن جمع عينات وإرسالها إلى مختبر التحليل الإشعاعي. في الممارسة العملية عادة ما يستخدم برنامج الرصد جميع أساليب وتقنيات الرصد المتاحة استنادا إلى الاحتياجات المحددة للموقع. أهم مكونات برنامج الرصد:

- المسح الأساسي الأولي baseline surveys

الهدف من المسح الأساسي وضع الأساس لانتشار وتراكم ملوثات NORM في الموقع.هذه المعلومات ضرورية لتحديد الاحتياجات الوقائية من الإشعاع للعاملين ، وسياقات السيطرة على التلوث. المسح الأساسي يوفر معلومات هامة حول وتراكم دفق ملوثات NORM التي تعتبر مدخلا أساسيا نحو تطوير حلول للتخلص من النفايات المشعة.من أهم المعدات التي ينظر إليها في عمليات المسح الأولية الصهاريج والخزانات في مرافق فصل النفط والغاز وفوهة الآبار.

- المسح قبل إيقاف تشغيل Pre-shutdown surveys

الهدف من هذا المسح هو تحديد مواقع وتراكم ملوثات NORM في المنشأة أو في المواقع التي يشتبه في تلوثها مثل معدات فصل النفط والغاز ، حيث ينبغي القيام بالمسح قبل إيقاف التشغيل. وإذا تبين مؤشر المسح بواسطة كواشف أشعة جاما إيجابيا ، فان وجود ملوثات NORM داخل الصهاريج والخزانات يكون هناك احتمال لوجود ملوثات NORM. هذا يؤكد الحاجة لإنشاء تدابير الحماية والسيطرة على التلوث بمواد NORM ما يتطلب أن

يكون التعامل معها بشكل صحيح.

- المسح للتقييم أثناء العمل Operational assessments

الهدف من المسح هو تمكين القيادة الميدانية لتحديد ملوثات NORM على الفور خلال العمل الروتيني. خلال تشغيل المنشاة ، تنشأ حالات يقوم فيها العاملين بإجراء أعمال تداخلية ، مثل التنظيف أو الصيانة لمعدات يحتمل أن تكون ملوثة أو دخول صهاريج يحتمل أن تكون ملوثة. في مثل هذه الحالات ، ينبغي على العاملين أن يكونوا قادرين على إجراء التقييم باستخدام كواشف محمولة وسهلة الاستخدام لتحديد وجود التلوث. ومن الأمثلة على المعدات التشغيلية التي يحتمل تلوثها الأنابيب داخل البئر، صمامات الأمان ، أنابيب النقل الطويلة ، إضافة إلى فتحة البئر وأنابيب التدفق لفواصل النفط و الغاز ، الفواصل ذات الضغوط العالية ، المتوسطة ، والضغط المنخفض ، المجففان Dehydrators ، تحلية المياه، الصمامات ، وصهاريج تخزين النفط.

7 -2 - توجد مجموعة واسعة من أجهزة الرصد الإشعاعي أو قياس التلوث الإشعاعي في موقع العمل.لا توجد أجهزة مخصصة على وجه التحديد لاستخدامها في مواقع إنتاج النفط والغاز ولا يوجد جهاز واحد قادر على الكشف عن جميع طاقات و أنواع الإشعاع المستخدمة في هذه الصناعة. ومن الأهمية بمكان تحديد الأجهزة الفعالة والكفوءة التي تناسب مختلف التطبيقات يمكن استخدامها في المواقع القابلة للاشتعال.

لا تختلف الأجهزة المستخدمة للمسح في المواد المشعة الطبيعية NORM عن أجهزة المسح الاعتيادية .

3 - 7 - يكشف عن نظائر NORM الباعثة لأشعة جاما باستخدام أجهزة المسح الإشعاعي الحساسة. قد يبدو للوهلة الأولى ذلك نوع من التناقض في تقييم الأخطار الناجمة من المواد الاشعاعيه حيث أن جسيمات ألفا أكثر خطورة من أشعه جاما. وفي الممارسة العملية ، يكاد يكون من المستحيل عمليا وجود

نظائر NORM تبعث جسيمات ألفا وبيتا فقط لان انبعاثها يكون مصحوبا بأشعة جاما ماعدا الحالة التي تكون فيها طبقة رقيقة جدا من نظير ^{210}Po الذي لا تبعث أشعة جاما.

4- 7 - كواشف أشعة جاما أكثر دقة وحساسية من كواشف ألفا وبيتا .لأن كواشف الجسيمات عرضة لتوليد قراءات خاطئة أو لا تتحسس بالجسيمات. إن جسيمات ألفا تكون قوة اختراقها للمادة قليلة وتمتص بشدة في الوسط وقد تمتص كليا في قطعة من الورق أو طبقة من الهواء (سمكها 5 سم) أو حتى ضمن المواد التي يجري فحصها. ويمكن أن تحدث مشاكل مماثلة مع كواشف جسيمات بيتا β. بالرغم من أن شدة اختراقها أكثر من جسيمات الفا حيث أن مداها في الهواء يصل إلى 3 m ، ولكن امتصاصها داخل نافذة الكاشف يولد أخطاء كبيرة.

7-5 - أثبتت التجربة العملية أن اختيار مناسب لكاشف حساس لأشعة جاما يكون قادرا على كشف نظائر NORM في أو حول نشاط محدد مقداره 0.5 Bq/g. والكاشف الجيد في هذه الحالة هي كواشف التلوث الإشعاعي الحساسة.

6- 7 - ثمة نوع آخر من أجهزة المسح الإشعاعي تستخدم للكشف وقياس الإشعاع المنبعث من نظائر NORM هي كواشف أشعة جاما الوميضية والتي تتكون من بلورة أو أكثر من ايوديد الصوديوم والتي يمكن ان تقيس التعرض الخارجي لمستويات النشاط الإشعاعي بوحدة البكريل لوحدة الحجم أو الكتلة أو شدة إشعاع جاما بوحدة العد لكل ثانية[cpm] أو الجرعة بوحدة µGy/h. لا توجد علاقة بين النشاط الإشعاعي أو شدة الإشعاع بسبب الدرع الذاتي ، لأن الرواسب الحرشفية هي بذاتها تقوم بامتصاص أشعة جاما بالإضافة إلى جدار المعدات وسمك الرواسب الحرشفية والتوزيع الهندسي للنويدات المشعة بصورة طبيعية داخل نسيج الرواسب الحرشفية. لذلك من الصعب التنبؤ بالنشاط

الإشعاعي النوعي للرواسب الحرشفية من القياس الخارجي لأشعة جاما.

7- 7 - الأجهزة المستخدمة لمسح السطوح الملوثة يمكن أن تكون كواشف حساسة لجسيمات الفا وبيتا أو عدادات لقياس معدل العد وتجهز بمجس خارجي لقياس جسيمات الفا وبيتا. ان طاقة أشعة جاما المنبعثة من Pb^{210} تكون منخفضة، وسوف تمتص كليا في جدار المعدن للمعدة الملوثة. لذلك فان التلوث بنظائر NORM في معدات إنتاج أو تجزئة للغاز يجب أن تكشف من الداخل .

وتجدر الإشارة إلى أنه يجب تجنب الاتصال بين السطح الملوث والكاشف لأن ذلك يؤدي إلى إعطاء قياسات خاطئة وتلوث سطح الكاشف. أجهزة المسح الإشعاعي يجب تعيرها سنويا وصيانتها .

7 **-8** - الأجهزة المستخدمة لكشف التلوث السطحي للنظائر الباعثة لجسيمات ألفا تحتوي على طبقة رقيقة محكمة تغطي المادة الوميضة لكي تسمح لجسيمات الفا بالنفوذ إلى المادة الوميضه ولا تسمح للضوء المرئي بالنفوذ وسقوطه على المضخم الضوئي. نستخدم في هذه الكواشف قطعة رقيقة من بلورة Zns الوميضه والتي تلصق عليها قطعة رقيقة من البلاستك تتصل بالمضخم الضوئي ونافذة العداد عبارة عن شريحة رقيقة من المايلر والتي تمنع دخول الضوء إلى المضخم الضوئي وعندما ترسب جسيمات الفا طاقتها في البلورة الوميضية تكون نبضة من الفولطية في المضخم الضوئي والتي يمكن حسابها على مقياس رقمي يحتوي مجس من بلورة Zns ، يمكن أن نستخدم هذه الكواشف كعدادات لجسيمات الفا أو بيتا أو كلاهما .

وبسبب قدرة الإيقاف الكبيرة لجسيمات الفا فان سمك المادة الوميضه يكون قليلاً. ان الإشارة الناتجة عن هذه الكواشف لجسيمات الفا لا يمكن الاعتماد وعليها للكشف وقياس التلوث السطحي المواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM

وكذلك لا يمكن استخدامها للكشف عن وجود بواعث جسيمات الفا الموجودة

داخل الأجهزة. ونتيجة لهذه المحددات فهي مع ذلك تعتبر من الطرق الدقيقة نسبياً لقياس الخلفية الإشعاعية الواطئة.

7 -9 - الكواشف التي تستخدم للكشف عن جسيمات بيتا يبنى عملها على أساس الوميض أو عداد كايكر. ولغرض السماح لجسيمات بيتا للوصول للحجم الحساس للعداد فان المادة الوميضه تكون مغطاة بطبقة رقيقة محكمة وخفيفة . وهذه العدادات تكون حساسة كذلك لأشعة جاما. ونتيجة لذلك فإن الخلفية إلاشعاعية في قياس هذه الأجهزة يكون ناتجا عن الأشعة الكونية وأشعة جاما الناتجة عن القشرة الأرضية والتي تعتمد على نوع التربة. عند مستوى سطح البحر فأن معظم الخلفية ناتجة عن الأشعة الكونية.

7 - 10 - جسيمات بيتا لا يمكنها اختراق المعدات الحديدية مثل الأوعية لذلك فان معظم عدادات بيتا لا يمكنها تحسس المواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM في داخل الأجهزة. جسيمات بيتا كذلك تمتص في الترسبات الصلبة والوحل وبمقدار أقل مما علية في حالة جسيمات الفا .ونتيجة لذلك فان قياس التلوث السطحي للمواد المشعة أو نشاطها الإشعاعي لا يمكن الاعتماد عليها. **7 -11** - توجد كواشف يمكن الاعتماد عليها لقياس التلوث السطحي لأنها مصممة بشكل اسطواني لتغطي اكبر مساحة سطحية ممكنة لكي تنفذ داخلها جسيمات بيتا يمكن لهذه الكواشف قياس التلوث الإشعاعي داخل الأنابيب.

7 -12 - تستخدم بشكل شائع العدادات الوميضية للكشف عن أشعة جاما والذي يتكون من بلورة من ايوديد الصوديوم المشوب بالتريليوم (NaI (Tl ويكون حساسا للكشف عن جاما في مناطق خلفيتها الإشعاعية واطئة ويمكنه قياس مستويات واطئة من الجرع وخاصة لنظائر NORM إن الوحل والترسبات الصلبة سوف توهن أشعة جاما المنبعثة منها وكذلك فان جدار الوعاء المعدني يوهن الأشعة كثيرا لذلك يمكن الاعتماد على هذه القياسات بشكل كبير.

7 **-13** - عدادات قياس معدل الجرعة تولد قراءة عن شدة المجال الإشعاعي وهي تعتمد على مبدأ عداد كايكر ويكون مدى قياسها µSv/h .وباستخدام مجسات خاصة يمكن قياس أشعة جاما في مجال تكون فيه الخلفية الإشعاعية اقل ما يمكن وبحدود 40 – 60 nSv/h. ويتكون العدد من اسطوانة سميكة الجدران وعادة ما يجهز الكاشف بنافذة متحركة حيث ان استخدامها يكشف عن أشعة جاما وعند رفعها بالتدوير فان الكاشف يقيس أشعة جاما وجسيمات بيتا في مجال مختلط من جاما وبيتا.

7 - **14** - معظم العاملين في شركات النفط في المنشأة الأرضية أو المنصات البحرية والمتعاملين مع المواد المشعة الطبيعية NORM لا يستخدمون أجهزة التعرض الشخصية. تقوم معظم الشركات في بعض المواقع باستخدام مقياس الجرع الشخصية عندما يكون التعرض المقاس أكبر من 7.5 µSv/h لا يسمح إلا للأشخاص المخولين فقط بالدخول لهذه المناطق ويجب عليهم حمل أجهزة التعرض الشخصي. وفي معظم المنشأت لا يصل معدل الجرعة من نظائر NORM أكثر من 7.5 µSv/h. أقل مستوي لتحسس أقراص TLD المستخدمة في المنشآت الأرضية هو 0.5 µ Sv/h وهو تعرض لا يمكن الحصول علية من NORM لذلك فإن الشركات النفطية لا تستخدم هذه الأقراص.

7 **-15** - عند استخدام الأجهزة المحمولة لقياس التلوث بجسيمات بيتا وعندما تكون قراءتها أكثر من الخلفية الإشعاعية بثلاث مرات فهذا مؤشر على وجود .NORM بعض هذه الأجهزة يكون قياسها بالنبضة/ثانية وينبغي تحويلها إلى بيكرل / سم^2 اما عن طريق برنامج في الجهاز أو عن طريق الجدول (7 – 1) مع الأخذ بنظر الاعتبار مساحة المتحسس المستخدم.

الجدول (7 – 1) العلاقة بين العدة /ثانية CPS والبيكرل / سم^2

CPS	Bq/cm2	CPS	Bq/cm2	CPS	Bq/cm2	CPS	Bq/cm2
1	0,11	11	1,21	21	2,31	35	3,85
2	0,22	12	1,32	22	2,42	40	4,40
3	0,33	13	1,43	23	2,53	45	4,95
4	0,44	14	1,54	24	2,64	50	5,50
5	0,55	15	1,65	25	2,75	55	6,05
6	0,66	16	1,76	26	2,86	60	6,60
7	0,77	17	1,87	27	2,97	65	7,15
8	0,88	18	1,98	28	3,08	70	7,70
9	0,99	19	2,09	29	3,19	75	8,25
10	1,10	20	2,20	30	3,30	80	8,80

الفصل الثامن

ترك (هجر) منشآت

النفط والغاز abandonment

8 - 1 - آبار ومنصات النفط والغاز سوف يـتم هجرهـا وإلغائهـا بعـد أن يـصبح إنتاجهـا غـير مجـدي اقتصاديا.

8 - 2 - المرحلة الأولى من ترك المنشآت يشمل إزالة تلوث معداتها إلى مستوى الأمان الإشـعاعي الـذي تحدده السلطة الرقابية.

8 - 3 – المرحلة الثانية هي مرحلة الترك والغلق التام والذي يشمل الازالة التامة لأجهـزة الإنتـاج. و في السنوات الاخيرة تم إغلاق عـدد المنـشآت النفطيـة في بعـض الـدول الاوربيـة النفطيـة مثـل بريطانيـا، والنرويج، وهولندا ، وألمانيا ، وان عدد كبير من منـشآت الـنفط والغـاز الأوربيـة سـوف يـتم غلقهـا في السنوات القادمة.

8 - 4 - القوانين التي تحكم غلق المنشات النفطية والغازية في الارض تخضع الى القوانين الوطنية لتلـك الدول والتي تؤكد على إزالة المنشأت والمعدات المساعدة بالكامل بما منها أنابيـب النقـل. أمـا بالنـسبة لمنشآت النفط في المواقع البحرية، فان هجرها يخـضع إلى القـوانين الوطنيـة لتلـك الدولـة للمـساحات التي تحتلها المنصات البحرية وكذلك للاتفاقيات الدولية مع الدول المجـاورة. وهنـاك اتفاقيـات دوليـة كثيرة تحدد طريقة غلق منشآت النفط والغاز بدأت منذ اتفاقية جنيف عام 1958 إلى اتفاقية أوسـلو عام 1995.

8 - 5 - أكدت اتفاقية لندن عام 1972 على منع تلوث البحار بالمواد المؤثرة على البيئة البحرية والتـي تخص إلقاء الملوثات من البواخر والطائرات وهذه الاتفاقية تنطبق على بحر الـشمال في بريطانيـا وبعـض اجزاء القطب الشمالي لـلأرض.ويـنص القـانون عـلى عـدم إغـراق (Dumping) معـدات أو مـواد ضـارة

بالبيئة الى البحر ومن ضمنها المنشأت النفطية في المواقع البحرية.

8 - 6 - اتفقت الدول في مؤتمر أوسلو عام 1985 يمنع إغراق المنصات البحرية في البحار والتي قد تؤدي الى التأثير ليس على البيئة فقط بل على صيد الاسماك وعملية ابحار السفن (Navigation). ويمكن إغراق مثل هذه المواد في المواقع البحرية العميقة التي يصل عمقها الى 2 كم عن الساحل. وقد تم وضع المرشد القانوني من قبل هيئة عالمية كبري هي المنظمة العالمية للبحار International Maritime organization(IMO)., والتي تعتبر المنظمة المخولة والموثوق بها لغرض حماية البيئة البحرية من التلوث . لقد أوضحت هذه المنظمة بأن ترك أو عدم استخدام (disused) المنصات البحرية أو التراكيب (structures) في الجرف القاري (أي جزء مغمور بالمياه الضحلة نسبياً) وفي المناطق الاقتصادية الخالصة(Exclusive Economic Zone) يجب ازالتها وتصفية تلك المنشات.

8 - 7 - عند نضوب مكامن النفط أو الغاز إلى المدى الذي يكون فيه الاكتشاف غير اقتصادي فان الآبار تهجر وتفكك منظومات الإنتاج وتنقل لإزالة تلوثها. وكذلك فان مخازن ومنشآت معاملة النفايات المشعة لا تعود لها حاجة فيزال تلوثها وتفكك كذلك.

8 - 8 - يتطلب من مالك البئر الطلب من السلطات الرقابية لإنهاء رخصة استخدام المواد المشعة.

تتطلب عملية تصفية المنشآت النفطية ما يلي:

1- تحديد المساحات اللازمة لغرض التصفية.

2- اختبار الطرائق المناسبة والأمينة والاقتصادية لغرض التصفية.

3-القيام بالمسح الإشعاعي.

4-رسم الخارطة الإشعاعية وتعيين النقاط الذي يكون مستوى نشاطها الإشعاعي كبير.

5- تقليل الجرع للعاملين والجمهور.

6- إرسال جميع هذه المعلومات إلى السلطة الرقابية.

7-إزالة التلوث الإشعاعي من الأجهزة والمعدات الملوثة إلى المستوى الذي تحدده السلطة الرقابية.

8-جميع المنشآت والأجهزة والمناطق المزال تلوثها يمكن استخدامها من قبل الجمهور بدون محددات أي اعتبارها مستثناة من الترخيص.

9-التخلص من النفايات المشعة وبقية المعدات الملوثة.

8 - 9 - تصفية المنشآت تتضمن عدة نشاطات أهمها:

1-تطوير خطط وإستراتيجيات التصفية وبرنامج توكيد الجودة وعمليات التفكيك بغرض تقليل كمية الملوثات المشعة المتولدة.

2-تقييم الأضرار التي يتعرض لها العاملين والجمهور والبيئة خلال وبعد نشاطات التصفية.

3-إرسال جميع الخطط، الاستراتيجيات، السجلات، التقارير ونتائج المسح الإشعاعي إلى السلطات الرقابية لغرض المصادقة عليها.

4-تحديد المعدات والمناطق المزال تلوثها وكمية وصفات الملوثات الخطرة.

5-القيام بمسح إشعاعي لتقييم مستوى معدل جرع جاما، ألفا وبيتا في السطوح الملوثة.

6- وضع برنامج مناسب للوقاية الإشعاعي للعاملين، الجمهور والبيئة، والتخلص من جميع النفايات المشعة في منشآت مرخصة.

7- الاهتمام بفعالية إزالة التلوث من الأرض. (remediation)

8- نقل المواد المشعة حسب تعليمات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

9- إجراء مسح إشعاعي نهائي بعد التفكيك ورفع المواد وإصلاح الأرض.

8 - 10 - أهم فعاليات التصفية:

أ - يجب ازاله جميع المعدات كلياً في المنشآت التي ينبغي هجرها أو عدم استخدامها ومغمورة في الماء الى عمق أقل من 75 متر ووزنها أقل من 4000 طن في الهواء (بدون سطح المنصة).

ب- جميع المعدات والمنشآت والتي وضعت في البحر بعد أو في الأول من عام 1998 على عمق اقل من 100 متر في الماء ووزنها أقل من 4000 طن في الهواء ماعدا سطح المنصة يجب ازالتها كليا وجميع هذه الازالة يجب أن لا تؤثر على الملاحة أو البيئة البحرية.

8 - 11 - وضع مؤتمر أوسلو في اجتماعه عام 1991 الأدلة المرشدة لغرض طرق ترك المنشآت النفطية وإزالتها من المواقع البحرية. هذا الدليل يجب تطبيقه على افتراض أن أي منشأة عند تركها من قبل السلطات الوطنية تتطلب المستلزمات التالية:

1 - تغليف الجدران و ازالة المواد الخطرة والمواد الضارة بالصحة (noxious) ، والمواد الكيماوية السامة والهيدروكاربونات وموانع التآكل.

2 - اتخاذ الإجراءات الكفيلة للتأكد من استقرارية المواد عندما تطرح الى البيئة.

3- إجراء مسح كامل للمنطقة التي تحيط بموقع المواد لغرض تحديد الأجزاء المزالة والتي قد تتداخل مع الاستخدام الشرعي والقانوني للبحر. وبناء على ذلك فقد وضعت الخيارات والخطوط الإرشادية (guide line) بناء على توصيات منظمة IMO ومؤتمر أسلو والموضحة في الجدول (8 - 1).

8 - 12 - أن وجود NORM في منشآت إنتاج الغاز والنفط أدى إلى وجوب إيجاد سياقات عمل متطورة في حالة الصيانة وتغير المعدات النفطية.

ان الفرق الأساسى بين عملية الصيانة وعملية ترك المنشآت يتمثل بإزالة جميع الأجزاء حتى تلك الأجزاء التي لم ترصد إشعاعياً خلال فترة الإنتاج .

من خلال خبرة شركات النفط في الرصد الإشعاعي وفي إزالة التلوث الإشعاعي لمختلف المعدات ظهر بأن معدات كثيرة في عملية إنتاج النفط والغاز تكون ملوثة بالمواد المشعة الطبيعية NORM لذلك يجب معاملتها خلال فترة إزالة المنشأة وتركها .

الجدول (8 – 1)الخيارات لترك مختلف مكونات منشآت النفط والغاز

الهيكل	عمق الماء* (m)	الوزن (طن)	إزالة تامة	إزالة مؤقتة	إسقاط او اطاحة	تركها في الموقع
حديد ثابت	<75	<4000	نعم	كلا	كلا	كلا
حديد ثابت	>75	>4000	نعم	نعم(1)	نعم(1)	كلا
كونكريت ثابت	<75	<4000	نعم	كلا	كلا	كلا
كونكريت ثابت	>75	>4000	نعم	نعم(1)	نعم(1)	نعم(2)
منشاة طافية	<75	<4000	نعم	لا	لا	لا
منشاة طافية	>75	>4000	نعم	كلا	كلا	كلا
الاعمدة	<75	<4000	نعم	كلا	كلا	كلا
الأعمدة	>75	>4000	نعم	كلا	نعم1،3	كلا
مواد تحت الماء	<75	<4000		نعم1،3	نعم1،4	كلا1،3
تحت الماء	>75	>4000	نعم	نعم 1،4	نعم 1،4	نعم1،4

1- اقل جزء ظاهر فوق الماء ارتفاعه 55م يتطلب ازالتة والذي لا يبرز فوق سطح الماء.

2 - يكون القياس عند نهاية الجزء الاخير (last resort) الى المعدات الساندة.

3 - الأعمدة تزال كليا وطرق التثبيت (المرساة) يجب أن تفصل .

4 - يعتمد على إبعاد شكل نوع وطريقة وسهولة ازالة الاجراء .

*** بعد عام 1998 أصبح اقل عمق 100 متر بدلا من 75 متر**

8 - 13 - الأجزاء التي تحتوي على كمية كبيرة من NORM في المنصة هي تلك العوامل التي تتعامل مع الغازات الجافة، أو النفط، ان انحلال ^{222}Rn خلال إنتقاله في أنابيب النقل الطويلة سيؤدي إلى ترسب Pb^{210} على السطوح الداخلية للأنابيب والمضخات والصمامات ويعتمد تركيز هذه الترسبات على تركيز الرادون في الغاز.

8 - 14 - أهم الأمثلة على الأجزاء المستخدمة في عملية إنتاج النفط والغاز في المنصات البحرية والملوثة بالمواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM موضحة في الجدول (8 - 2)

8 - 15 - تؤدي تصفية (decommissioning) المنصات البحرية إلى توليد كميات هائلة من المواد الملوثة التي تتكون من المعادن التي يمكن اعادة استخدامها بعد صهرها.

8 - 16 - كميات الحديد الكاربوني والحديد الغير قابل للصدأ stainless steel في حوالي 220 منصة بحرية في بريطانيا تقدر بحوالي 1.8 مليون طن بالإضافة الى تلك الكميات الناتجة عن المواقع الأرضية وقد تم تقدير كمية النشاط الإشعاعي الكلي للنظر Ra^{226} و Ra^{228} التي يمكن ازالتها من مكونات المنصات البحرية حوالي 31 و28 GBq على التوالي . وهذا يتولد من حوالي 1200 طن من الترسبات المشعة الصلبة (الحرشفية) والتي يتطلب إزالتها على الأرض إذا نقلت جميع أجزاء المنصة والسكن إلى الأرض.

الجدول (8 - 2) مثال على المنشآت ومكوناتها الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM.

المعدات	موقع الترسب
تجمعات الانابيب Christmas tree [1]	المضخات المنتجة للماء
اجهزة رفع المنتج	الأنابيب
اجهزة مختلفة	مضخات النفط
انابيب النقل لمختلف الاجزاء	اجهزة القياس
المرشحات الرملية ، المصائد	انابيب تولد الماء
مسخنات النفط الخام	خزانات الفصل Skimmer tanks
الفاصلات Separators	ملفات الانابيب

[1] تجمعات الأنابيب:- مجموع الأنابيب والصمامات الموجودة في أعلى البئر والتي تسيطر على تدفق النفط والغاز وتمنع تسربه للخارج.

وهذه الكمية لا تتضمن التلوث بالرصاص المشع Pb^{210} والذي يكون التلوث المسيطر في بعض المنصات البحرية . يتضح من ذلك بأن كمية المواد المشعة الطبيعية NORM والتي يتم التعامل معها في العقود الثلاث القادمة هي كميات كبيرة وتحتاج الى كلف عالية للخزن المؤقت ثم التخلص النهائي.

8 - 17 - من الناحية النظرية فإن اعادة تدوير المعدات المعدنية والسكراب المزالة من المنصات البحرية هو صهرها قبل أي ازالة ، هذه الطريقة قد تؤدي الى تغير خواص المواد المشعة الطبيعية NORM إلى ملوثات ذات نشاط اشعاعي واطئ ويكون بشكل خبث أو هباء ملوث يحتوي على جميع النشاط

الاشعاعي لنظائر الراديوم والثوريوم - 228.وتوجد مثل هذه المنشآت في المانيا والتي تولد حوالى 100طن / سنة من الاوحال والتي يمكن اعادة استخدامها في رصف الطرق على شرط أن يكون تركيز النظر Ra^{226} في الاوحال لا يتجاوز 65 Bq/gm وأن هذه الاوحال تخفف بمزجها بأربعة أمثال وزنها من المواد الاخري المستخدمة لرصف الطرق (الرمل ، الحصى ، الخ).

8 - 18 - النشاط الإشعاعي النوعي للأوحال قد يتوقع أن يكون أقل من النشاط الاشعاعي للرواسب الصلبة الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية NORM.

8 - 19 الشرط الأساسي لتصفية التلوث بالمواد المشعة طبيعياً الموجود في السكراب لغرض صهره يتطلب وضع مستوى وحدود للتصفية والتي عندما يكون التلوث اوطئ منها يمكن أن تكون عملية الصهر غير مضرة قبل استعمالها، ولكن مع الأسف لا توجد مثل هذه المستويات وطنياً أو عالمياً في حالة السكراب الملوث بنظائر NORM . ولا يمكن اشتقاق تلك المستويات من خبرة الدول في صهر المعادن الملوثة اشعاعيا من المنشأة النووية.

8 - 20 - نوع التلوث أو نوع النظائر مختلفة تماماً فمثلا ان عملية الصهر تحتاج الى درجة حرارة تعادل 160 درجة سليزية والتي عندها سوف يتبخر Pb^{210} و Po^{210} مولدة رماد متطاير يحتوي نشاط عالي من Pb^{210} و Po^{210} ، لذلك فإن توزيع النشاط الاشعاعي لمزيج نظائر NORM والناتجة عن الوحل ، الرماد المتطاير تختلف تماماً عن المواد المتولدة من صهر سكراب المنشأت النووية.

8 - 21 - قبل صهر السكراب الحاوي على نظائر NORM يجب تقطيعه لغرض الحصول على قطع من السكراب ضمن متطلبات المصهر من ناحية الحجم والخواص. لذلك فإن اعادة استخدام السكراب يتطلب تقطيع القطع الصغيرة باستخدام ادوات القطع المعروفة .

8 - 22 - معامل الحديد التي تقوم بتدوير السكراب قلقة من المخاطر التي يمكن أن تتولد من تلوث منتجاتها الاخري من النويدات المشعة نتيجة لوجود مواد مشعة غير مرصودة في السكراب ومعظم الحوادث الجدية قد حصلت نتيجة لصهر مصادر مشعة من الكوبلت-60 والسيزيوم -137. لذلك فان الرصد الإشعاعي للسكراب الحاوي على نظائر NORM والذي يراد إعادة إستعماله يكون من الأهمية بمكان .

8 - 23 - أجهزة الرصد الإشعاعي لا يمكنها أن تفرق بين النويدات المشعة الطبيعية المعززة تقنياً NORM والمواد المشعة طبيعيا لذلك فإن السكراب الملوث بالنورم من منشآت إنتاج النفط والغاز سوف ترصد وترفض لاحتوائها نشاط إشعاعي. بالرغم من أن أجهزة الرصد الإشعاعي تكون حاسة لرصد المصادر الباعثة لأشعة جاما ولكنها غير حساسة للكشف عن Pb^{210} وخاصة عندما يكون في داخل الأنابيب أو الأنابيب والأجهزة المحملة في النقل.

8 - 24 - بالإضافة إلى الملوثات الإشعاعية بنظائر NORM فتوجد ملوثات أخري من المواد الكيميائية الخطرة قد تحدد إعادة استخدام السكراب الملوث بنظائر NORM بطريقة الصهر.أن انتقال وحركة النظائر المشعة من الخزان البئري قد يصاحبه انتقال مركبات الزئبق والتي تترسب بعد ذلك بشكل زئبق معدني في المعدات وأنابيب النقل. إن التلوث بالزئبق قد يؤدي إلى رفض إمكانية إعادة استعمال جزء من السكراب غير الملوث لذلك يجب اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع انبعاث الزئبق إلى البيئة قبل صهر السكران.

الفصل التاسع

التدريب والتوعية

التدريب والتوعية أحد المتطلبات الرئيسية لإدارة المواد المـشعة طبيعيـة المنـشأ NORM. وينبغـي أن يكون العاملين على بينة من المخاطر المرتبطة بهذه الملوثات، والضوابط المطلوبـة لحمايـتهم وأسـاليب منع التلوث البيئي.

وينبغي أن يركز التدريب على الموظفين التنفيذيين الذين يحتمل أن يتعرضـوا للتلـوث مبـاشرة وكـذلك الفنيين المشاركين في عمليات الـصيانة. وينبغـي تحديـد الاشـخاص الرئيـسيين، وتـوفير التـدريب سـوف يسمح لهم للتأكد من أن العمل الذي يقومون به له تأثيرات اشعاعية وعليهم مراعاة المخـاطر الناتجـة عنه ومنع انتشار التلوث بهذه المواد.

ويمكن تعزيز الوعي من مخاطر الاشعاع الناتج عن المواد المشعة طبيعيـا للعـمال مـن خـلال جلـسات التوعية.

البرامج التدريبية التي ينبغي أن تتوفر لجميع العاملين مـع المـواد المـشعة طبيعيـا تكـون في المجـالات التالية :

9 – 1 - تدريب العمال ويتضمن المفردات التالية:

- اساس تكون المواد المشعة طبيعياً اثناء استكشاف النفط والغاز
- الإشعاع المؤين ، انواعه والتعرض الخارجي والتلوث الداخلي
- وحدات قياس الإشعاع المؤين
- التأثيرات البيولوجية للإشعاع
- المخاطر الصحية المرتبطة بالتعرض للإشعاع من المواد المشعة طبيعيا NORM
- فلسفة الوقاية من الاشعاع ووقاية العمال من المواد المشعة الطبيعية
- إجراءات الاستجابة للطوارئ

9 – 2- التدريب حول المسح الاشعاعي

- اساسيات الكشف عن الاشعاع وانواع الكواشف الاشعاعية
- اجهزة قياس التعرض الشخصي وانواعها
- حدود النشاط الاشعاعي لأنواع الملوثات المشعة الطبيعية (التربة ، الوحل ، المواد الصلبة الحرشفية و الهواء ، والماء)
- طريقة توثيق معلومات المسح الاشعاعي وطريقة وضع نظام معلومات للتوثيق
- طريقة عمليات أخذ العينات
- أخذ عينات الهواء
- أنواع التحاليل المختبرية والمتضمنة مطياف جاما ومطياف الفا
- التدريب العملي

9 – 3 - تدريب المشرفين

- الدورات المخصصة للعمال والدورات حول المسح الاشعاعي للمواد المشعة طبيعيا
- برنامج إدارة النفايات المشعة الطبيعية المتضمن ازالة التلوث ، التخلص النهائي من المواد المشعة طبيعيا، والوقاية من الاشعاع
- وضع الخطط والبرامج والمسح للمواد المشعة طبيعيا
- متطلبات توثيق المعلومات و حفظ السجلات
- الشحن والنقل الآمن للمواد المشعة حسب تعليمات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.
- تحديد الاخذ السنوي annual limit intake المسموح للمواد المشعة ALI والتراكيز المشتقة السنوية DAC
- وضع التعليمات للتعامل مع المواد المشعة طبيعياً

- خيارات التخلص النهائى من المواد المشعة طبيعياً

9 – 4 - تدريب ضباط الوقاية من الاشعاع

- القدرات العملية اللازمة لتنفيذ ورصد برنامج الوقاية حماية من الإشعاع.
- جميع الموضوعات التي تم تغطيتها في تدريب العمال ، التدريب حول المسح الاشعاعي ،التدريب حول المسح الاشعاعي، و تدريب المشرفين
- وتغطي الدورات. بالإضافة إلى ذلك ، جميع الجوانب المتعلقة بالوقاية من الإشعاع ووضع القواعد لإدارة النفايات المشعة الطبيعية NORM في صناعة النفط والغاز.
- استعراض وفهم جميع التشريعات الوطنية الخاصة بالاشعاع وتعليمات للشركات الوجب اتباعها.
- دورة مفصلة عملية في المسح الاشعاعي ومعاملة النفايات المشعة الطبيعية

المصادر

1 – OGP (International Association o f Oil & Gas Producers) . Guidelines for the management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil & gas industry

Report No. 412 September 2008

2 – IAEA Safety Reports Series NO 34 . radiation protection and the Management of radioactive Waste in the Oil and Gas Industry. 3003

3 – The Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP). Guide Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) .June 2000

4- Approved code of practice work with ionizing radiation, health and safty at work (Jersey) Law 1989 and revised at 2002

5 – NORM Gidelines, Maersk oil og Gas AS, 2005

6- الدكتور محمد سعيد المصري، أحمد كعوش، و مصطفى خيطو. هيئة الطاقة الذرية السورية ،المواد المشعة الطبيعية في صناعة النفط والغاز.

7 – أ.د. عُذاب طاهر الكناني . التأثيرات البيئية للمواد المشعة الطبيعية NORM . دار الفجر للنشر والتوزيع مصر

الجزء الثاني

تعليمات الممارسة الإشعاعية للنفايات المشعة الصناعية والطبية

المقدمة

الغرض من هذه المدونة هو ممارسة العمل لإدارة النفايات المشعة بحيث أن التعرض الإشعاعي الى الأشخاص هو اقل ما يمكن التوصل اليه لتلبية مبدأ ALARA الذي صدر من قبل اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ويتطابق مع توصيات اللجنة الوطنية الصحية والطبية لمجلس البحوث في نشرتها عام 1980 لمعايير الوقاية من الإشعاع. للأفراد المعرضين للإشعاع المؤين ، الغرض من مدونة الممارسات هو إعطاء التوصيات التي تساعد في تحقيق هذه الأهداف حتى وان كانت كمية النفايات المشعة واطئة النشاط الإشعاعي ، والذي من شأنه أن يكفل درجة من الدقة في الإجراءات للتخلص من النفايات المشعة عبارة (يجب) حيثما استخدمت في مدونة قواعد الممارسة ، لها معنى متخصص يشير إلى الشرط الأساسي لتوفير الوقاية الكافية من الإشعاع. أما كلمة (ينبغي) فإنها تشير إلى الاحتياطات أو الإجراءات التي يجب تطبيقها ، حيثما كان ذلك ممكنا ، لغرض تطبيق متطلبات الوقاية الكافية من الإشعاع. تهدف إدارة النفايات المشعة إلى حماية السكان والبيئة من مخاطر التعرض للإشعاعات المؤينة الناتج عن النفايات المشعة، وذلك من خلال تحديد المتطلبات الأساسية والضوابط التي تحكم الممارسات والأعمال المرتبطة بإدارة النفايات المشعة، وتحديد مسؤوليات جميع الأطراف المساهمة في هذه الإدارة.

الفصل الأول

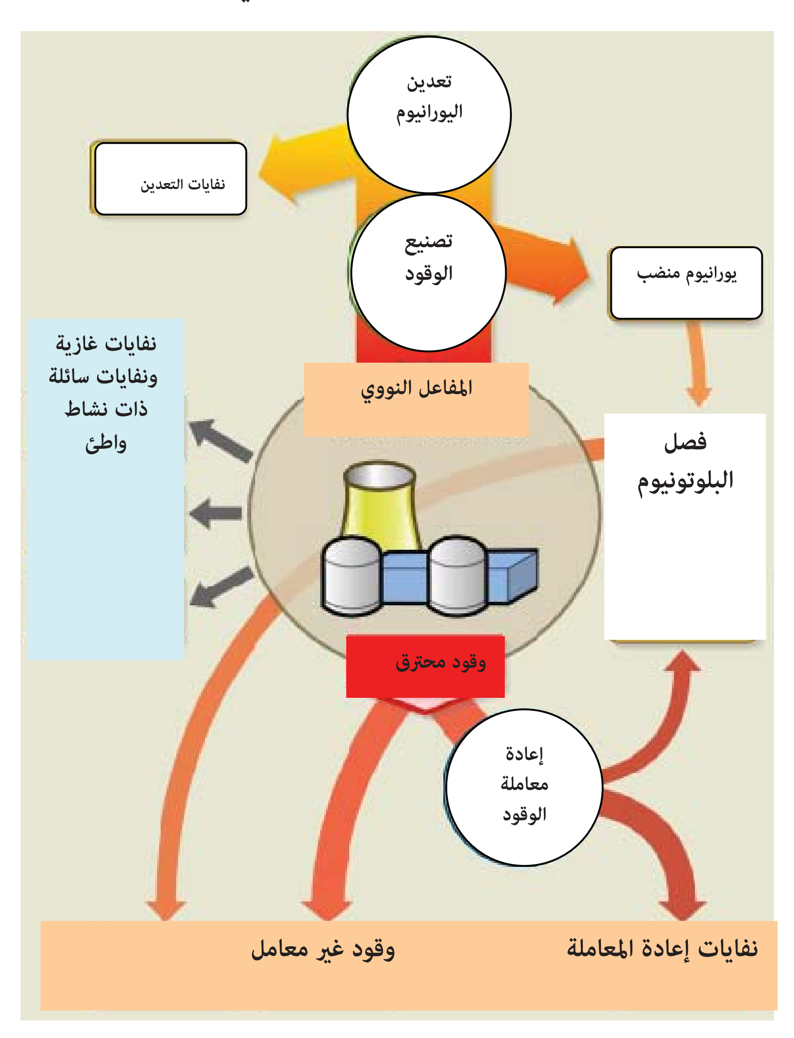
مصادر الملوثات المشعة

تتولد النفايات المشعة من المواد النووية المشعة الناتجة عـن دورة الوقـود النـووي ، محطـات الطاقـة الكهرونوية ، المصادر والمواد المشعة في التطبيقات الطبية والبحثية والصناعية ، والنفايات الناتجـة عـن تجارب الأسلحة النووية فوق سطح الأرض والتي بدأت منذ 1940 حتى 1960 بعدها أصبحت تجارب الأسلحة النووية تحت سطح الأرض . كذلك تلوثت بعض بقاع العالم من حوادث المفاعلات النووية كما في حادثة شرنوبل.

ملوثات دورة الوقود النووي:Nuclear fuel cycle

1-1 تتضمن دورة الوقود النـووي اسـتخراج اليورانيـوم مـن المنـاجم ، تـصفيته وتحويلـه الى الكعكـة الصفراء ، التخصيب لزيادة نسبة اليورانيوم 235 ، انتاج الوقود وهذا يمثل الجزء الأمـامي مـن الـدورة (Front end). تنتج المخلفات الناتجة عن هـذا الجـزء مـن الـدورة عـلى مـواد باعثـة لجـسيمات ألفـا وتحتوي على الراديوم وغاز الرادون، المادة الرئيسية الموجودة في مخلفات الجزء الأمامية لدورة الوقـود النووي هي اليورانيوم المنضب الذي يحوي نسبة ضئيلة جدا من U-235، ونظراً لكثافته العاليـة فـإن هذه النفايات تستخدم في صناعة القذائف المضادة للدروع والدبابات ودروع واقيـة للمـصادر المـشعة الباعثة لأشعة جاما. المرحلة الأخرى من دورة الوقود النووي تسمى المرحلة الخلفيـة Back end هـي عملية إعادة الوقود المحترق (Reprocessing) لاستخلاص نواتج الانـشطار ثـم أخـيرا تـصفية المنـشأة النووية ومعاملة النفايات المشعة الناتجة عن المرحلة الخلفية ذات النشاط الإشعاعي العالي.شكل (1-1)

شكل (1 - 1) دورة الوقود النووي



الملوثات الناتجة عن التطبيقات الطبية والبحوث -

1 –2 - وهي الملوثات الناتجة عن استخدام النظائر المشعة في التشخيص والعلاج والبحث من أهمهما التكنيشيوم -99m ذات عمر النصف القصير والتلوث الناتج عنه يمكن التخلص منه بعد الخزن لفترة قصيرة لغرض

الانحلال. وبعض النظائر الباعثة لجسيمات الفا ، بيتا ، وأشعة جاما .كما في الجدولين (1-1 و1- 2)

الملوثات الناتجة عن صناعة النفط والغاز NORM

1 -3 - وهي الملوثات الناتجة عن حركة السلاسل الطبيعية ونتائج انحلالها في معدات إنتاج النفط والغاز وترسبها بشكل مواد صلبة حرشفية تترسب داخل الأنابيب ومعدات استخراج النفط والغاز يكون نشاطها الإشعاعي كبير نسبيا.

الملوثات عن تجارب وتفجيرات السلاح النووي

1 -4 يستخدم اليورانيوم المخصب والبلوتونيوم في صناعة السلاح النووي والمفاعلات. يحتوي البلوتونيوم المتولد من حرق الوقود النووي على مجموعة من نظائر البلوتونيوم هي البلوتونيوم - 239 وهو النظير المناسب لإنتاج السلاح النووي . التفجيرات النووية أطلقت كميات هائلة من المواد المشعة . بدءاً بالتفجير النووي على هيروشيما ونكزاكي ومرورا بالتجارب النووية التي تلت ذلك تحت سطح الأرض ، وانتهاء بالتجارب النووية فوق سطح الأرض. تتكون الأشعة المؤينة التي تطلقها الأسلحة النووية من أشعة جاما والنيوترونات وجسيمات ألفا وبيتا .ويتكون الإشعاع من جزأين هما الأشعة النووية الآنية والتي تنبعث خلال ثواني من الانفجار وتتكون من أشعة جاما والنيوترونات والثاني الأشعة النووية المتأخرة والتي تنبعث بعد دقائق من الانفجار ومصدرها نواتج الانشطار وانحلالها .

الجدول(1 - 1)النظائر المشعة المستخدمة في العلاج الطبي :

تصميم المصدر	النشاط الإشعاعي للمصدر	عمر النصف	النظير	التطبيقات
أجهزة متحركة	1-10 GBq 1-40 GBq 1-10 GBq	433 a 242d 60 d	^{241}Am ^{153}Gd I ^{125}	قياس كثافة العظام
مصادر صغيرة محمولة ومتنقلة	50-500 MBq 30-300 MBq 50-500 MBq 50-1500 MBq 50- 1500 MBq 50- 1500 MBq 200-1500 MBq	3 0 a 1600a 5,3a 28 a 17 d 60 d 74 d 8 d 2,7 d 2,6 a	^{137}CS ^{226}Ra ^{60}Co ^{90}Sr ^{103}Pd ^{125}I ^{192}Ir ^{131}I ^{198}Au ^{252}Cf	معالجة بالتماس يدوياً
أجهزة متحركة	= 10GBq 0,03- 10 MBq = 400 GBq	5,3 a 30 a 74 d	^{60}Co ^{137}Cs ^{192}Ir	معالجة بالتماس بعد التحميل وعن بعد
أجهزة ومعدات ثابتة	50- 1000TBq 500 TBq	5,3 a 30 a	^{60}Co ^{137}Cs	معالجة عن الخارجية عن بعد
أجهزة ومعدات ثابتة	2- 100 TBq	30 a	^{137}Cs	تشعيع الدم

الجدول(1 - 2)النظائر المشعة في التشخيص والبحث الطبي

النظير المشع	نصف العمر	التطبيقات	الكميات المستخدمة	شكل النفايات
H-3	12.3a	التعليم الإشعاعي	حتى 50 GBq	محلات،صلبة
C-14	5730a	أبحاث طبية , أبحاث بيولوجية	حتى 50 GBq	صـــــلبة،(انطـــــلاق CO2)سائلة
F-18	1.8h	تصوير الأورام بانبعاث البوزيترون	حتى 1 GBq	صلبة،سائلة
Na-24	15h	أبحاث بيولوجية	حتى 5 GBq	سائلة
P-32	14.3d	معالجة سريرية	حتى 200 GBq	صلبة،سائلة
P-33	25.4d	أبحاث بيولوجية	حتى 50 MBq	صلبة،سائلة
S-35	87.4d	أبحاث بيولوجية و طبية	حتى 5 GBq	صلبة،سائلة
Co-57	271.7d	قياسات سريرية ،أبحاث بيولوجية	حتى 50 MBq	صلبة،سائلة
Co-58	70.8d	قياسات سريرية	حتى 50 MBq	صلبة،سائلة
Nb-95	35d	أبحاث بيولوجية و طبية	حتى 50 MBq	صلبة،سائلة
Mo-99	66h	مولد التكنيشيوم	100 GBq	صلبة
In-111	2.8d	سريرية ، أبحاث	حتى 50 MBq	صلبة،سائلة
I-123	13.2h	أبحاث و طبية قياسات و سريرية	حتى 500 MBq	صلبة،ســــــــــائلة و أحياناً أبخرة
I-125	60.1d	أبحاث، قياسات سريرية، ومعالجة سريرية	حتى 500MBq	صلبة،ســــــــــائلة و أحياناً أبخرة
I-131	8.04d	أبحاث, ومعالجة	حتى 11.1 GBq	صلبة،سائلة و أحياناً أبخرة

الجدول(1 - 2)المصادر المشعة المغلقة المستخدمة في الصناعة

التطبيق	المصدر المشع	عمر النصف	النشاط الاشعاعي	الملاحظات
مقياس الارتفاع	^{60}Co ^{137}Cs ^{241}Am	5.3 سنة 30سنة 433 سنة	GBq 20-0.1 GBq 10-0.1 -	مصادر مثبتة على الخزان او على انبوب
مقياس كثافة	^{60}Co ^{241}Am	5.3 سنة 433 سنة	GBq 20-0.1 GBq 10-0.1	مصادر ثابتة لقياس الكثافة بحجم ثابت
مقياس رطوبة	Be-^{241}Am ^{137}Cs ^{252}Cf Be-^{226}Ra	433 سنة 30سنة	GBq 2 - 0.1 GBq 400	مصادر متنقلة لقياس الكثافة والرطوبة تحتوي مصدر نيوتروني وأخر جامي
مقياس السمك	كريبتون .85 سترونشيوم90 ^{241}Am	10.8 سنة 29 سنة 433 سنة	GBq 50-0.1 GBq 4-0.1	مصادر ثابتة لقياس سمك الورق والبلاستك
التحاليل XRF	حديد -55 كادميوم -109	2.7 سنة 463 يوم	GBq 5-0.1 GBq 8 - 1	منظومات ثابتة وأخرى متحركة لتحليل مكونات المواد
سبر الابار	Be-^{241}Am ^{137}Cs ^{252}Cf	433 سنة 30سنة	GBq 800 - 1 GBq100 -1	مصادر متنقلة لقياس الكثافة ولرطوبة تحتوي مصدر نيوتروني وأخر جامي
التصوير الصناعي	^{60}Co ^{137}Cs 192^{241}Ir	5.3 سنة 30سنة 47 يوم	TBq 5-0.1 TBq 5-0.1 -	وحدات محمولة غالبا

الفصل الثاني

تصنيف النفايات المشعة

تصنيف النفايات المشعة حسب خواصها :

2 – 1 - تصنف أي مادة على أنها نفاية مشعة إذا كان مستوى التلوث السطحي لها يزيد على 500 جسيم ألفا / دقيقة أو 5000 جسيم بيتا / دقيقة لسطح مساحته (100 سم^2).

تصنف النفايات المشعة لغرض تسهل عملية معالجة وإدارة النفايات المشعة والتخلص منها حسب التصنيف التالي :

أ-الخواص الفيزيائية، وتتضمن حالة المادة (صلبة ، سائلة أو غازية)، وخواصها الفيزيائية والمتضمن الحجم والكتلة، قابلية الكبس، قابلية الانتشار، قابلية التطاير، قابلية الذوبان في الماء، وقابلية المزج.

ب-الخواص الكيميائية، وتتضمن المخاطر الكيميائية الكامنة، ومقاومة التآكل، وقابلية الاحتراق، والنشاط الكيميائي، والمحتويات العضوية وإمكانية توليد الغازات وقابلية الامتزاز (الالتصاق).

ج-الخصائص الإحيائية، وتتضمن المخاطر الإحيائية الكامنة للنفايات المشعة.

د- الخصائص الإشعاعية، وتتضمن النشاط الإشعاعي ،تركيز النويدات المشعة ، عمر النصف ، كثافة الإشعاعات الصادرة، خاصة ذات القدرات الاختراقية الكبيرة، والتلوث السطحي، الخواص النظائرية.

التصنيف حسب الحالة الفيزيائية :

2 –2– أ - النفايات المشعة الصلبة:

وتشمل المواد والمصادر المشعة المستهلكة والأنسجة البيولوجية الملوثة اشعاعيا (الحيوانات المختبرية التي تزرق بالمواد المشعة). لا يمكن قياس تركيز المواد

المشعة في النفايات المشعة الصلبة بسبب عدم تجانس التلوث في هذه النفايات وصعوبة سحب عينات من النفايات المشعة الصلبة. لذلك اعتمدت قيم معدل الجرعة الفعالة على سطح الحاوية التي توجد فيها النفايات المشعة الصلبة معياراً لتصنيف النفايات المشعة الصلبة. لهذا الاعتماد بعض المساوئ أهمها أنه لا يمكن إجراء قياسات إشعاعية لجميع المواد الباعثة للإشعاع. صنفت الوكالة الدولية للطاقة الذرية النفايات المشعة الصلبة إلى أربعة مجموعات حسب معدل الجرعة الفعالة على سطح الحاوية كما في الجدول (2-1) لبواعث جسيمات ألفا و بيتا وأشعة جاما.

و تصنف النفايات المشعة الصلبة أيضاً حسب مواصفاتها الفيزيائية إلى:

1- نفايات قابلة للحرق: جثث وعلف الحيوانات المختبرية، الملابس المستخدمة أثناء التعامل مع المواد المشعة، وسائل الوقاية الفردية المطاطية، البلاستيكية، القماشية، والورقية ومرشحات الهواء المشبعة بالمواد المشعة الملوثة وغير صالحة للاستخدام.

2- نفايات غير قابلة للحرق: المعادن، الزجاج، السيراميك، مواد البناء، العبوات و الحاويات المستهلكة، معدات وتجهيزات غير صالحة للاستخدام المستقبلي المعدات المعدنية.

3- نفايات قابلة للكبس: النفايات ذات الحجم الكبير، والتي يمكن كبسها بهدف تصغير حجمها مثل التجهيزات، الحاويات والعبوات صغيرة الحجم والأدوات المختبرية والأدوات البلاستيكية والزجاجية.

4- نفايات غير قابلة للكبس: معدات كبيرة ومواد بناء، مصادر مشعة مستهلكة، نفايات صلبة عالية النشاط الإشعاعي.

الجدول (2- 1) أصناف ألنفايات المشعة الصلبة

ملاحظات	معدل الجرعة الفعالة D على بعد 10 سم من سطح العبوات الحاوية على النفايات المشعة (mSv /h)	المجموعة
بواعث أشعة جاما γ وجسيمات β مع كميات قليلة من بواعث جسيمات الفا α	D<0.3	1
تتطلب النفايات في هذه المجموعة الثانية وسائل وقاية اشعاعية	0.3<D<10	2
تتطلب النفايات من المجموعة الثالثة وسائل حماية	D>10	3
الغالبية الكبرى هي بواعث جسيمات الفا α	النشاط الإشعاعي لمصدرات α يقاس بيكرل /م^3	4

ب- النفايات السائلة

أشكال النفايات المشعة السائلة المعتادة تكون بشكل محلول مائي للنويدات المشعة أو من مواد مشعه عالقة في الماء أو قابل للاختلاط به. النفايات البيولوجية المشعة الناتجة عن الافرازات أو المواد المنحلة macerate ويمكن أيضا أن تعتبر وتعامل على أنها نفايات سائلة.

وهناك فئة أخرى من النفايات المشعة السائلة وتشمل المحاليل اللاعضوية و العضوية (زيوت ، ومواد عضوية) القابلة للاشتعال أو السامة ، وعادة ما

تحتاج الى طرق خاصة التخلص من النفايات مثل الحرق في محرقه معتمدة

و تصنف النفايات السائلة حسب النشاط الاشعاعي :

تقسم النفايات المشعة السائلة إلى ثلاث مجموعات هي النفايات السائلة منخفضة ومتوسطة وعالية النشاط الإشعاعي وفي السنوات الاخيرة قسمت الوكالة الدولية للطاقة الذرية النفايات السائلة حسب النشاط الإشعاعي إلى خمس مجموعات الجدول (2-2).

ت- النفايات الغازية :

لا تخضع النفايات الغازية بحد ذاتها في كثير من البلدان إلى تصنيف وقد تصنف أحياناً ويرتبط تصنيفها هذا مع منظومة التهوية ولذا تصنف حسب مكان تشكلها.ومع ذلك توصي الوكالة الدولية للطاقة الذرية بتقسيم النفايات الغازية المشعة إلى ثلاث مجموعات كما هو موضح في الجدول(2-3).

يجب أن يكون تركيز النفايات المشعة في الهواء أقل ما يمكن عملياً وعليه يجب أن يتم تجهيز المختبرات ومخزن النفايات المشعة بأجهزة سحب مزودة بمرشحات مناسبة .

و يتم تغيير مرشحات أجهزة التهوية بصورة منتظمة حسب مواصفاتها حتى تكون صالحة للعمل باستمرار .ويتعامل مع المرشحات المستهلكة والكمامات التي يستخدمها العاملون معاملة النفايات المشعة الصلبة .

يجب استعمال كمامات خاصة في الأماكن التي يوجد بها تراكيز عالية لمخلفات غازية مشعة.يجب أن تتم جميع عمليات التعامل مع المواد المشعة في الحالة الغازية أو المتطايرة في حيز تسيطر علية أجهزة للتهوية مزودة بمرشحات خاصة إذا كانت تراكيز الغازات المشعة الصادرة إلى الهواء عالية .

تصنيف النفايات حسب النشاط الإشعاعي :

2 –3–قسمت الوكالة الدولية النفايات المشعة حسب نشاطها الإشعاعي الى خمس أنواع موضحة في الجدول 2-4).

الجدول (2-2) أصناف النفايات المشعة السائلة

المجموعة	مستوى النشاط الاشعاعي	قيمة النشاط الإشعاعي A	المعاملة
الاولى	منخفضة النشاط الإشعاعي	النشاط الإشعاعي A اقل من 37 كيلو بيكرل /م^3	لا تحتاج لمعالجة وتطرح في شبكة المجاري بعد معالجتها
الثانية		النشاط الإشعاعي A اكبر من او يساوي 37 كيلو بيكرل /م^3 واكبر من او يساوي من 37 ميجا بيكرل /م^3	تخضع للمعالجة ،لا تحتاج لوسائل حماية
الثالثة		النشاط الإشعاعي A اكبر من او يساوي 37 ميجا بيكرل /م^3 واقل أو يساوي 3.7 جيجا بيكرل /م^3	تخضع للمعالجة وتحتاج لوسائل حماية في بعض الحالات حسب التركيب الكيميائي الإشعاعي
الرابعة	متوسطة النشاط الإشعاعي	النشاط الإشعاعي A اكبر من او يساوي 3.7 جيجا بيكرل /م^3 واقل او يساوي 370تيرا بيكرل /م^3	تخضع للمعالجة ،وسائل الحماية ضرورية دائماً
الخامسة	عالية النشاط الإشعاعي	النشاط الإشعاعي A اكبر من370 تيرا بيكرل /م^3	تخضع للمعالجة،وسائل الحماية ضرورية في جميع الحالات ،تتطلب عملية حفظ مع التبريد

الجدول (2-3) أصناف النفايات المشعة الغازية

المجموعة	النشاط الإشعاعي النوعي A	ملاحظات
1	A < 3.7 بيكرل /م^3	تطلق في الجو بدون معالجة
2	3.7 بيكرل /م^3 ≤ A ≤ 37 KBq/m^3	تمرر عبر مرشحات خاصة
3	A>37 KBq/m^3	تمرر عبر مرشحات خاصة وتخضع لعمليات الإدمصاص و الحجز

الجدول (2-4) تصنيف النفايات حسب النشاط الإشعاعي :

الصنف	المواصفات
1 - ملوثات معفاة	هي الملوثات ذات النشاط الإشعاعي الواطئ يكون فيها تركيـز الملوثـات الصلبة غير الذائبة 0.4Bq/g والتي تطرح كنفايات اعتيادية
2 – ملوثـــــات ذات نشاط إشعاعي واطـئ جدا (VLLW)	الملوثـات الباعثـة لجـسيمات بيتـا أو جامـا بنـشاط إشـعاعي يـصل إلى 40kBq لكل نوع.وإذا وصل النشاط الإشعاعي إلى أكثر مـن 400kBq في حجم 1 .0م3 فلا يمكن طرحها كنفايات اعتيادية .إمـا بالنـسبة لبواعـث جسيمات الفا فإذا وصل النشاط الإشعاعي إلى 10% أكثر منها لجسيمات بيتا أو جاما فان الملوثات تحتاج إلى ترخيص للمعاملة
3 - ملوثـــــات ذات نشاط إشعاعي واطـئ (LLW)	الملوثات الباعثة لجسيمات بيتا أو جاما بنشاط إشعاعي اذا وصلت إلى / 12GBq tone ,أو إلى 4GBq / tone لبواعث جسيمات الفا فان طرحها إلى معدات خاصة وترخيص وهي الملوثات التي تتولد في الطـب النـووي و بعض الفعاليات النووية وتتضمن الملابس الواقية والأوراق والمرشحات الملوثة .
4 - ملوثـــــات ذات نـــشاط إشـــعاعي متوسط (ILW)	الملوثات المشعة بنشاط إشعاعي نوعي يتجـاوز مـا هـو للملوثـات ذات النشاط إلا شعاعي الواطئ لكـن الملوثـات لا تولـد حـرارة. مثـل الوحـل الملوث، غلاف أعمدة الوقود. والمواد الملوثة الناتجة عن تصفية المنـشآت النووية.
5 - ملوثـــــات ذات نـشاط إشـعاعي عـالي (HLW)	الملوثات المشعة بنشاط إشعاعي نوعي عالي و تولـد حـرارة مثـل نـواتج الانشطار من الوقود المحترق

الفصل الثالث

الملوثات المشعة في الطب

استخدامات المصادر و النظائر المشعة في الطب

3-1 تستخدم المصادر و النظائر المشعة في الطب في الحالات التالية:

1 - أجهزه الأشعة السينية التشخيصية:

تستخدم أجهزه الأشعة السينية لتصوير أعضاء الجسم لغرض التشخيص كما في أجهزة الأشعة السينية التقليدية ، أجهزة تصوير الثدي ، أجهزة التصوير التنظيري ، وأجهزة الأشعة المقطعية ولا تولد هذه الاجهزة أي ملوثات مشعة .

2 –النظائر المشعة في الطب النووي للتشخيص والعلاج:

تحقن النظائر الصيدلانية المُشعّة في جسم المريض عن طريق الفم أو الوريد والتي تمتص بشكل انتقائي بأعضاء معينة في الجسم أَو بالأورام وتتحلل آنياً وتبعث أشعة جاما وبالتالي يمكن قياس النشاط الإشعاعي أو تصوير العضو بواسطة كامرة جاما فنحصل على صورة للأنسجة التي تنبعث منها هذه الإشعاعات والتي يمكن للطبيب من خلال نمط توزيعها معرفة المرض في ذلك النسيج، وتشخيص الحالات الشاذة . وهذا يختلف عن التشخيص بالأشعة السينية حيث أن الأشعة السينية هي مصدر خارجي للإشعاع . بينما التشخيص بالطب النووي يكون من مصدر داخلي للإشعاع. لدِراسات تصوير النظائر المشعة، تعلم بعض العوامل غير المشعة بنظائر مشعة التي تمتص في أعضاء معينة من الجسم، فالغدة الدرقية على سبيل المثال تمتص اليود، والدماغ يستهلك كميات الجلوكوز – وهكذا .

يستعمل ^{99m}Tc على نحو واسع في الطب النووي بنسبة تصل إلى 80 % من إجراءات التشخيص في الطب النووي. عمر النصف ^{99m}Tc يساوي 6 ساعات

وهي طويلة بما فيه الكفاية لفحص العمليات الأيضية القصيرة وتقليل جرعة الإشعاع إلى المريض . يمكن الحصول على ^{99m}Tc بسهولة من مولدات التكنيشيوم والذي يجهز إلى المستشفيات بعد الحصول على المولیبدنوم – 99

بإستخدام هدف من اليورانيوم المخصب بنسبة تصل إلى 90 ٪ من ^{235}U أو بنسبة أقل من 20 ٪ من ^{235}Uوالهدف يشعع بالنيوترونات السريعة في المفاعل فيتكون ^{99}Mo كناتج انشطار ثم يتم فصله من نواتج الانشطار الأخرى في خلية حارة.

من فحوصات الطب النووي والتي لا يمكن للأشعة السينية التقليدية القيام بها هي تصوير أعضاء الجسم مثل الكبد والطحال والغدة الدرقية .

3 -العلاج الإشعاعي (radiotherapy):

يقسم العلاج بالأشعة إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

أ- العلاج الخارجي بالإشعاع عن بعد (Teletherapy):

يتم العلاج الإشعاعي للأورام الخبيثة باستخدام الإشعاعات العالية الطاقة وهي في الغالب الأشعة السينية أو إشعاعات جاما أو الالكترونات وذلك لقتل الخلايا السرطانية وتدميرها .حيث يقع مصدر الإشعاع خارج الجسم ويوجه بواسطة مسددات الى الورم الخبيث. العلاج الإشعاعي يؤثر على الخلايا السرطانية والسليمة ، لكن معظم الخلايا السليمة تستطيع أن تتعافى من الأثر الإشعاعي من خلال جعل العلاج الإشعاعي مجزأ إلى عدة جرعات، لإعطاء الخلايا السليمة الوقت لاسترجاع عافيتها بين الجرعات الإشعاعية.

ب - العلاج عن قرب (brachytherapy):

باستخدام مصدر مشع مغلقٍ يوضع داخل أو بجانب المنطقة المطلوب معالجتها ويستخدم هذا العلاج لعلاج سرطان البروستاتا أو سرطان الرقبة أو الثدي.

ت - العلاج بالأشعة من مصادر مفتوحة :

المادة المشعة تحقن أو تبتلع داخلياً، كما في علاج الغدة الدرقية.

4- البحوث الطبية الإشعاعية:

تستخدم في البحوث الحيوانات المختبرية حيث يحقن بالمواد المشعة لمعرفة مدى تأثيرها أو توزيعها وتصبح الحيوانات بعد موتها ملوثة إشعاعيا .

من أهم النظائر المستخدمة في التشخيص والعلاج

^{99m}Te ، يستخدم لتشخيص أمراض العظام وأمراض القلب والدورة الدموية ^{90}Y يستخدم لعلاج الأورام اللمفاوية (2.7 أيام)

^{131}I ، يستخدم لاختبارات وظائف الغدة الدرقية و لعلاج سرطان الغدة الدرقية (8 أيام)

^{89}Sr ، يستخدم لعلاج سرطان العظام ،عن طريق الحقن في الوريد (52 يوما)

^{192}Ir، يستخدم في العلاج القريب (74 أيام)

^{60}Co ،يستخدم للعلاج البعيد والقريب بالأشعة (5.3 سنوات)

^{137}Cs ، يستخدم للعلاج البعيد والقريب بالأشعة (30 سنة)

النفايات المشعة في الطب النووي

3 -2- النفايات الطبية المشعة في التشخيص في الطب النووي تتكون من:

أ- نظائر مفتوحة باعثة لجسيمات بيتا أو أشعة جاما ذات عمر النصف القصير الأجل مثل ^{99m}Te والذي يخزن لفترة قصيرة لغرض الاضمحلال قبل التخلص منها كنفايات عادية. أو النظائر ذات عمر النصف الطويل الأجل نسبيا .

ب - المصادر المشعة المغلقة التي انتهى عمرها التشغيلي المؤثر والتي تستخدم في العلاج الإشعاعي عن بعد أو العلاج القريب .

3 - 3 - سياقات إدارة النفايات المشعة تتضمن استلام النفايات وفصلها ومعاملتها وتخزينها ثم التخلص منها، يجب فصل النفايات المشعة عن النفايات

الأخرى في حاويات أخرى خاصة مدرعة تحمل علامات واضحة عن الإشعاع. يتم فصل النفايات وفقا لنوع النظائر وشكل النفايات (الصلبة الجافة ، الأدوات الحادة ، السوائل الوميضية العضوية والقنينة التي كانت تحتويها ، وقنينة السوائل الوميضية العضوية القابلة للتحلل ، والمحاليل المائية ، والعضوية ، و النفايات للحيوانات المختبرية).

3 – 4 - استخدام النظائر المشعة المفتوحة في التشخيص والعلاج سيولد نفايات مشعة مختلفة الأنواع خلال تحضيرها أو فحص المريض. هذه الأنواع يمكن أن تحتوي مصادر مشعة مغلقة كتلك المصادر النقطية ^{57}Co و ^{137}Cs المستخدمة لتعير مقاييس النشاط الإشعاعي (activity meters) أو في اختبارات ضمان الجودة. والتي يمكن إدارة نفايتها كما في الشكل (3 – 1).

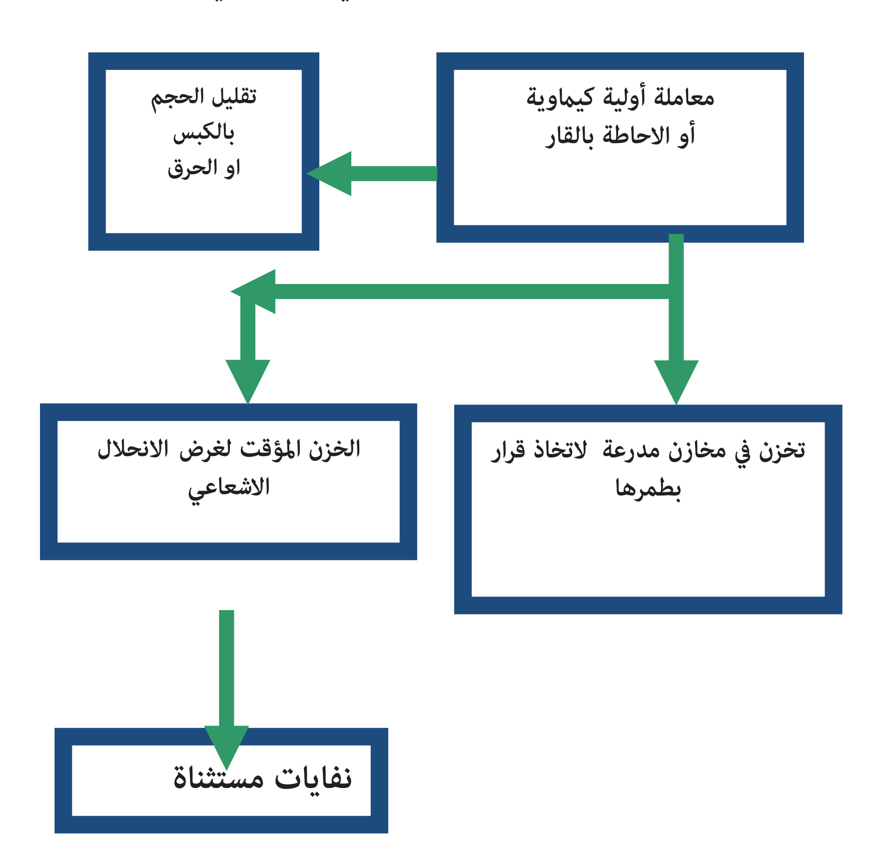
3 – 5 - النفايات المشعة يجب فصلها حسب حالتها الفيزياوية حيث أن النفايات الصلبة تعامل أولا وتخزن لفترة حتى يصل نشاطها الإشعاعي إلى الحدود المقبولة بعدها يتم إرسالها إلى منظومة معاملة النفايات الصلبة العامة. أما النفايات السائلة ذات أعمار النصف القليلة فيفضل خزنها لفترة لغرض الانحلال الإشعاعي حتى يصل نشاطها الإشعاعي إلى الحدود الواطئة لأن معظم النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي يكون نشاطها الإشعاعي اقل من أسبوع بعدها تعامل كملوثات اعتيادية.

3 – 6- عند فصل النفايات يجب توفير حاويات حجم مناسب ومدرعة وكاتمة لا تسرب النفايات منها مناسبة لغرض الحفظ. كل نوع من النفايات يحفظ في حاوية منفصلة يكتب عليها نوع النظير ، نشاطه الإشعاعي، حالته الفيزياوية والجرعة الخارجية التي تؤثر بها .

3 –7- تخزن الحاويات بشكل مؤقت في غرفة خاصة بالنفايات تكون مقفلة ولها تهوية وتحتوي على سجل يتضمن كمية وأنواع الملوثات وأصلها .

3 – 8 - محتويات حاويات النفايات المشعة يمكن معالجتها كنفايات عادية بعد خزنها وعندما يكون معدل الجرعة الأعظم على سطح الحاوية لا يتعدى 5 µGy/h وأن الحاوية لا تحتوي مصدر مشع مغلق نشاطه الإشعاعي أقل من 50 kBq .

الشكل (3-1) إدارة النفايات المشعة في الطب النووي



3 – 9 - حدود النشاط الإشعاعي لطرح بعض النظائر المستخدمة في الطب النووي مبينة في الجدول (1 – 3)

جدول (3-1) النشاط الإشعاعي لطرح النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي

النضير المشع	الطرح	
	MGBq لكل حالة	MGBq لكل شهر
^{75}Se	20	200
^{89}Sr	5	50
^{99m}Tc	100	30000
^{111}In	100	2000
^{125}I	1	10
^{131}I	1	10
^{201}Tl	100	6000

3 – 10- فضلات المريض (البراز والبول) في حالة التشخيص تعتبر ملوثات اعتيادية لذلك لا داعي لجمعها ويستخدم المريض التواليت الاعتيادية أما في حالة العلاج بالنظائر المشعة المغلقة أو المفتوحة فيقوم المرضى في بعض الدول باستعمال تواليت تتصل بخزان خاص تخزن فيه الفضلات لفترة من أجل الانحلال وتعالج ثم تطرح إلى المجاري العامة وبعض الدول تطرح الفضلات

الى المجاري العامة مباشرة.

أنواع النفايات الطبية المشعة .

النفايات الطبية الصلبة الجافة

3 – 11 - في وحدات الطب النووي لأغراض التشخيص والعلاج يستخدم التكنيشيوم – 99 m المستحلب من مولد التكنيشيوم ،أو اليود – 131 للعلاج بالإضافة الى الجاليوم -67.

تشمل النفايات الصلبة الجافة الملوثة الورق ، القفازات ، البلاستيك ، الأواني الزجاجية الملوثة بالمواد المشعة ، الحقن، أغطية السرير والملابس من عنابر المستشفى (التطبيقات العلاجية) -- الخ.

3 – 12 - ينبغي أن تفصل النفايات حسب النظائر المشعة وتوضع في أكياس بلاستيكية ثم في حاويات مناسبة في الغرفة التي تستخدم لتحضير وحقن المواد الصيدلية المشعة للمريض. عندما يملئ الكيس ، ينبغي اغلاقه . يؤشر على الكيس اليوم المتوقع للطرح ويكون بشكل تقريبي بعد 14 يوم من تاريخ الخزن المؤقت. وعند الطرح تقاس الجرعة على السطح الخارجي للكيس فإذا كانت ضمن الخلفية الإشعاعية فتطرح مع النفايات الاعتيادية. أما المواد عالية النشاط مثل المواد المتبقية في القناني ينبغي تعبئتها في أكياس منفصلة.

3 – 13 - بعد عملية الخزن المؤقت للنفايات الصلبة لغرض الاضمحلال يتم التخلص منها. لذلك ينبغي أن تكون غرفة التخزين المؤقت للنفايات المشعة متاحة ومؤمنة ، وتوضع عليها علامات تحذيرية وتكون ذات تهوية مناسبة .

3 – 14 - ينبغي تجميع (عزل) النويدات المشعة وفقا للوقت المتوقع لتحللها (النشاط الإشعاعي الأولي ونصف العمر) ، الشكل ومظهرها. الأشكال الفيزيائية المختلفة . الأمر الذي يتطلب جمعها في حاويات منفصلة للفصل بين الأنواع المختلفة من النفايات المشعة. ينبغي أن تكون الحاويات مناسبة للغرض منها

(من ناحية الحجم ، التدريج والغلق المحكم).

3 – 15 - النفايات المشعة الناتجة ^{131}I ومرضى العلاج تتطلب احتياطات خاصة. معدل التعرض من ^{125}Iحوالي 0.7 مايكرو سيفرت / ساعة لكل ملي كوري على بعد 1 متر. رصاص سمكه 30 ملم من الرصاص يقلل من التعرض بنسبة 0.4% .

3 – 16 - تنقسم النفايات المشعة الطبية إلى مجموعتين ، النفايات الصلبة المتوافقة compactable مثل الملابس والقفازات و النفايات الصلبة غير المتوافقة مثل المصادر المغلقة المستهلكة .

3 – 17 - المصادر المغلقة هي الأجهزة التي تحتوي على المواد المشعة التي يتم تصميمها داخل غلاف لمنع تسربها طيلة عمرها التشغيلي.

وتشمل هذه المصادر مصادر تعيير الجرعة، والمصادر المستخدمة للمعايرة، والمصادر المشعة الصغيرة غير المستخدمة التي تزرع في الأنسجة لمعالجة السرطان ، وكذلك المصادر المغلقة التي تستخدم لأغراض المعايرة والتي لم تعد مفيدة.

جمع النفايات الطبية الصلبة الجافة

3 – 18 - المرحلة الأولى : تجمع هذه النفايات بشكل مستمر في كيس يوضع داخل حاوية مدرعة وتوضع في غرفة تحضير وخزن المواد الصيدلانية المشعة الشكل (3 – 1 أ). يكتب على الكيس رقمه ، تاريخ الفتح ، نوع النظير ويقاس النشاط الإشعاعي السطحي ووزن الكيس وتسجل في جدول (3 – 2). ضمهن برنامج حاسوبي . وعندما تملأ تنقل الأكياس إلى حاويات مدرعة الشكل (الشكل (3 – 1 ب) تغلق الحاويات بشكل محكم.

3 – 19 - المرحلة الثانية: تنقل الأكياس إلى غرفة الخزن المؤقت ويوضع

حولها درع رصاصي. يؤشر على الكيس تاريخ الغلق واليوم المتوقع للطرح ويكون بشكل تقريبـي بعـد زمن يساوي 10 مرات من عمر النصف أسابيع . الشكل (3 – 1 **ت**).

جدول (3-2) مثال لمراحل جمع النفايات المشعة في الطب النووي

المرحلة الأولى/ جمع النفايات			المرحلة الثانية /الخزن المؤقت للنفايات				المرحلة الثالثة / طرح النفايات		
رقم الكيس	تاريخ الفتح	نوع النظير	تاريخ الغلق	جرعة سطح	الوزن gm	التاريخ المتوقع للطرح	تاريخ الطرح	وزن الكيس gm	جرعة سطح μSv/h
1	**1/ 7**	**Ga-67**	**1- 10**	**25**	**500**	**2 -12**	**2- 19**		**0.04**
2	**- 1-10**	**Tc-99m**	**1 – 15**	**1370**	**300**	**1 -18**	**1 –29**		**0.05**
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

الشكل (3 – 1 أ). حاويات النفايات المشعة للجمع اليومي



الشكل (3 – 1 ب). حاويات النفايات المشعة المدرعة



الشكل (3 – 1 ت). غرفة حاويات النفايات المشعة للخزن المؤقت



3 – 20 - المرحلة الثالثة: وهي مرحلة الطرح فبعد الفترة المتوقعة للطرح يقاس النشاط الإشعاعي السطحي فإذا كان قريبا من الخلفية الإشعاعية فإنه يطرح كنفايات طبية اعتيادية ويجب أن يكون وزنه مساويا لوزنه في المرحلة الثانية وهذا يعني أن الملوثات لم يتسرب منها خلال الخزن المؤقت. وتطبق نفس الاجراءات بالنسبة للقناني التي تحتوي بقايا من ^{99m}Tc.

3 – 21 - ينبغي أن توضع جميع الإبر في حاوية صلدة مغلقة بشكل آمن لغرض الانحلال الإشعاعي ثم التخلص منها عندما يكون نشاطها الإشعاعي ضمن الخلفية الإشعاعية. لا يجوز بأي حال من الأحوال رمي أية مواد مشعة أو يحتمل أن تكون ملوثة في صناديق القمامة العادية.

3 – 22 - ينبغي أن تستخدم حاوية من البلاستيك لجمع النفايات الباعثة لجسيمات بيتا مثل $^{3}H, ^{14}C, ^{35}S$. أما بواعث جاما مثل ^{125}I أو ^{51}Cr، فمن المستحسن استخدام حاويات معدنية مدرعة بالرصاص .

3 – 23 - الحاويات المعبأة بالرصاص ومواد التدريع الملوثة يجب أن تفصل عن النفايات الصلبة الأخرى. الحاويات الفارغة ينبغي أن تخزن وأغطيتها منفصلة. قناني المواد المشعة يمكن أن تترك في الحاويات الرصاصية لكي توفر التدريع لأي نشاط إشعاعي متبقي. ويجب أن يكتب مقدار النشاط الإشعاعي المتبقي على حاوية النفايات.

جمع القناني الطبية الفارغة التي تحتوي على مواد المشعة

3 – 24 - القناني التي تحتوي بقايا من In^{111}، Tl^{201} و Ga^{67} يتم قياس النشاط الإشعاعي المتبقي في القنينة ثم توضع في حاويتها الأصلية المدرعة فإذا كان النشاط الإشعاعي أقل من 100 MBq تفتح القنينة ويسكب ما فيها من سائل في المجاري العامة تغسل القنينة بكمية كافية من الماء في حوض الماء (sink) الموجود في غرفة الخزن وتطرح كمواد زجاجية اعتيادية

3 – 25 - يمكن التخلص من المواد المشعة غير المستخدمة في القناني والتي تحتوي على نويدات مشعة ذات عمر نصف اقل من 60 يوم (^{125}I, ^{51}Cr, ^{99m}Tc, ^{33}P , ^{33}P) كنفايات صلبة جافة.

3 – 26 - القناني والتي تحتوي على نويدات مشعة ذات عمر نصف أكبر من 60 يوما (^{3}H,^{14}C,^{35}S) فينبغي أن توضع في أكياس صفراء بمفردها. ويجب كتابة النشاط الفعلي المتبقي في القنينة على القنينة.

معاملة مولدات التكنيشيوم Technetium Generator

3 – 27 - هناك خياران: (1) ارجاعه إلى المورد بعد الاستخدام أو

(2) الانتظار حتى الاضمحلال حيث يعاد مولدات التكنيشيوم المستعمل إلى حاوية النقل ويخزن في غرفة الخزن الموقت ويكون مفتاح الغرفة مع ضابط الوقاية الإشعاعي أو كبير التقنين. يسجل الرقم التسلسلي للمولد ويرسل بعد ثمانية أسابيع إلى الشركة الموردة. يتم التأكد من خلو الحاوية من التلوث

الإشعاعي قبل نقلها وينبغي بعد ذلك إزالة ملصقات التحذير من الإشعاع.

3 – 28 - عندما يصبح النشاط الإشعاعي ومعدل الجرعة منخفض للغاية فإن المولد يمكن تفكيكه واعتباره مادة غير مشعة.

3 – 29 - توصى الوكالة الدولية للطاقة الذرية في منشور الأمان 115 بأن النشاط الإشعاعي لمولد النظائر المشعة عند التفكيك يعتبر نفايات مستثناة عندما يصبح نشاطه الإشعاعي 1MBq للوصول إلى ذلك فإذا كان النشاط الإشعاعي للمولد في البداية 20 GBq للنظير ^{99}Mo الذي نصف عمره يساوي 2.75 يوم فان فترة الخزن المؤقت تساوي ثمانية أسابيع لكي يصل النشاط الإشعاعي إلى 1MBq بتطبيق القانون

A=A0 Exp-[(0.693\ T½) t]

في هذه الحالة يكون معدل الجرعة على بعد متر واحد عن من عمود المولد بدون وجود الدرع يساوي 0.04 μSv/h وتوثر بمعدل جرعة خارجية واطئة جداً عند تفكيك المولد والذي يعتبر نفايات مستثناة يطرح كنفايات اعتيادية مع نفايات المستشفى الأخرى. الشكل (3– 2)

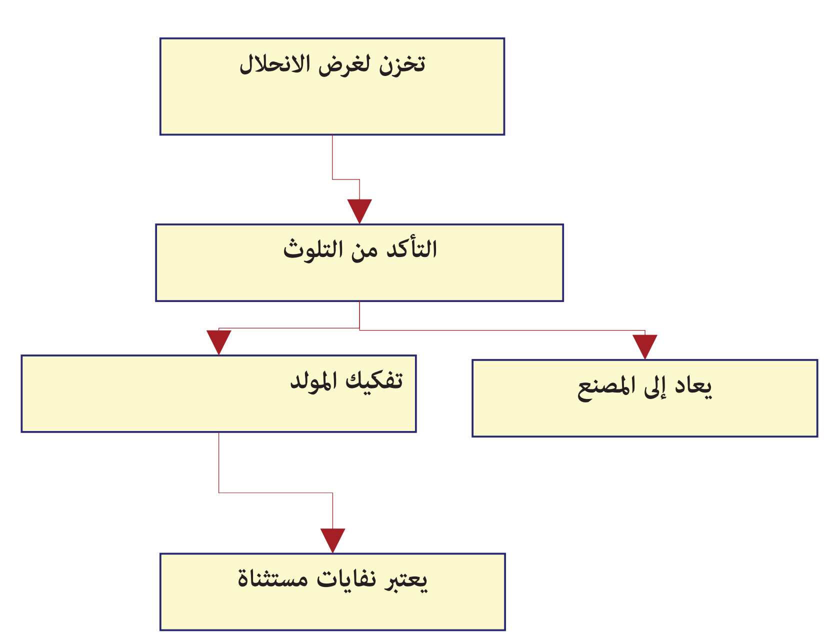
المصادر المغلقة Sealed Sources

3 – 30 - المصادر المغلقة هي الأجهزة التي تحتوي على المواد المشعة التي يتم تغليفها لمنع تسرب المواد المشعة من الجهاز.

3 – 31 - المصادر المغلقة قد تكون عنصر من العناصر المكونة للجهاز ، أو مصادر منفردة مثل مصادر صغيرة للمعايرة.

3 – 32 - للتخلص من جميع المصادر المغلقة يفضل إعادتها إلى المصنع وذلك برفعها من الأجهزة التي تحتويها قبل التخلص منها، وكذلك عند نقلها إلى مستخدم آخر.

الشكل (3 – 2) خطوات التخلص من مولد التكنيشيوم



3–33 - المصادر المشعة المغلقة المستخدمة لمعايرة أجهزة قياس النشاط الإشعاعي، وتوكيد الجودة لعدادات كاميرات جاما شكل(3– 3)، ينبغي تحديد مسار التخلص منها وفقا للأنظمة الوطنية والترخيص من قبل السلطة الرقابية (إعادتها إلى الشركة المصنعة).

النفايات الطبية السائلة

3 – 34 - جميع السوائل ، التي لا تتضمن السوائل الوميضية ، التي تحتوي على مواد مشعة ذائبة أو معلقة تشكل النفايات المشعة السائلة يمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات أساسية هي : النفايات الذائبة في الماء ذات مستوى النشاط المنخفض ، النفايات الذائبة في الماء ذات مستوى النشاط المرتفع ، و النفايات غير المائية (النفايات المختلطة).

شكل(3- 3) مصادر مشعة مغلقة للمعايرة



3 - 35 - بعد جمع النفايات السائلة ، تؤخذ عينة من كل حاوية لغرض تحليلها في المختبرات الثابتة لمعرفة نوع النظير ونشاطه الإشعاعي (بيكرل / لتر) بواسطة منظومة أطياف جاما أو العداد الوميضي السائل.

3 - 36 - النفايات المشعة السائلة القابلة للذوبان كلياً في الماء فقد يمكن التخلص منها بطرحها مباشرة إلى نظام الصرف الصحي مع كميات وفيرة من المياه من خلال أحواض محددة لمثل هذه النفايات.

3 - 37 - لا تطرح النفايات الحاوية على بواعث الفا بهذه الطريقة وإنما تطرح عن طريق أحواض مخصصة لمثل هذه النفايات (واحد لكل مختبر) إلى خزان منفصل عن نظام الصرف الصحي. تسجل على سجل قرب الحوض كمية المواد التي تم تصريفها إلى الحوض، تاريخ طرحها ، النشاط الإشعاعي للنظير ، و الشخص الذي قام بالتخلص من هذه المواد. يوقف الطرح إذا كان مجموع الأنشطة أكبر من الحدود الأسبوعية للطرح . يجب الحرص على تقليل طرح الملوثات السائلة مباشرة إلى نظام الصرف الصحي .

3 - 38 - النشاط الإشعاعي لكل من ^{3}H و ^{14}C في المحاليل العضوية عادة ما تكون صغيرة جدا ، فيمكن أن تعامل على أنها غير المشعة. لكن كونها مواد سامة ، ينبغي أن تعطى لأحد المصانع لغرض حرقها

3 – 39 - النفايات المنحلة أو الذائبة في الماء ، مثل بواعث ألفا ، يفضل تصليبها أو امتصاصها بوسائل معتمدة. يتم ذلك بصب السائل بعناية في وعاء يحتوي على مواد ماصة. يسجل النشاط الإشعاعي على الحاويةللتخلص منها .

3 – 40 – القناني، الأنابيب وغيرها من الحاويات التي تستخدم أو التي تحتوي على المحاليل الوميضية المستخدمة في العداد الوميضي السائل تشكل النفايات الوميضية السائلة و لا ينبغي التخلص منها عن طريق سكبها في الأحواض.

3 – 41 - تعزل القناني حسب نوع النظير ، ولكن لا يجوز مزج القناني التي تحتوي على ^{3}H مع تلك التي تحتوي على ^{14}C. النشاط الإشعاعي لكل من ^{3}H و ^{14}C في المحاليل العضوية عادة ما تكون صغيرة جدا ، فيمكن أن تعامل على أنها غير مشعة. لكن كونها مواد سامة ، ينبغي أن تعطى لأحد المصانع لغرض حرقها

الحيوانات والأعضاء أو الأنسجة المختبرية في البحوث الطبية

3 – 42 - ما تبقى من حيوانات التجارب ، والأعضاء ، أو الأنسجة التي حقنت بالمواد المشعة ينبغي أن توضع في أكياس بلاستيكية صفراء ، وتجمد على الفور. وينبغي تحويل النفايات المجمدة مباشرة إلى ثلاجة تخزين أو إلى منطقة معالجة النفايات حيث يتم حرقها وتحويلها إلى رماد بإشراف ضابط الوقاية و يتم التخلص منها كنفايات صلبة جافة .

3 – 43 - استخدام الفورمالدهايد / الفورمالين وغيرها من المواد الكيميائية الخطرة يجب أن تكون محددة. لأن هذه النفايات تشكل نفايات مختلطة ويصعب جداً التخلص منها. إذا كان لا بد من استخدام هذه المواد ينبغي تعبئتها وتغليفها بشكل مناسب.

3 – 44 - النفايات البيولوجية السائلة مثل الدم والبول ينبغي التخلص منها في مجاري الصرف الصحي إذا كان نشاطها الإشعاعي واطئا و على خلاف ذلك

ينبغي أن تمتص بوسائل مناسبة أو تحويلها إلى شكل صلب قبل التخلص منها.

أما البول الحاوي على ^{131}I في حالة مرضى التشخيص لا توجد حاجة لجمع الفضلات ويمكن استعمال دورات المياه العادية. أما في حالة مرضى العلاج ، فهناك سياسات مختلفة في البلدان المختلفة ، ولكن من حيث المبدأ ، ينبغي التخلص منها بعد التخفيف والاضمحلال.

3 – 45 - المواد والمعدات التي تحتوي على نفايات بيولوجية حيوانية ملوثة يجب معاملتها كنفايات بيولوجية. هذه الفئة من النفايات لا يجوز أن تحفظ في درجة حرارة الغرفة لأنها سوف تتحلل وتطلق غازات ، أبخرة أو أدخنة قد تكون خطرة على العاملين اللذين يقومون بنقل أو تداول هذه المواد.

النفايات الغازية

3 – 46 - هي الغازات المشعة التي يطرحها المريض أثناء تشخيص الرئتين في دراسة التنفس في الطب النووي .الاختيار الصحيح للنظير المشع الذي يؤخذ في الحسبان عمر النصف، نوع النظير، نشاطه الإشعاعي...الخ.

3 -47 - تهدف إدارة النفايات المشعة إلى حماية السكان والبيئة من مخاطر التعرض للإشعاعات المؤينة الناتجة عن النفايات المشعة، وذلك من خلال تحديد المتطلبات الأساسية والضوابط التي تحكم الممارسات والأعمال المرتبطة بإدارة النفايات المشعة، وتحديد مسؤوليات جميع الأطراف المساهمة في هذه الإدارة.

الفصل الرابع

جمع ونقل النفايات المشعة

4 - 1- إدارة عملية التخلص من النفايات المشعة تعتمد بشكل كبير على عملية جمع ونقل النفايات إلى أماكن متخصصة للمعالجة ، تتم هذه الأعمال بأساليب مختلفة تتعلق بدرجة الخطر الإشعاعي أثناء جمع ونقل ومعالجة وخزن النفايات بالعوامل التالية وهي نوع النظير المشع ، قيمة النشاط الإشعاعي ، طاقة الإشعاعات الصادرة عن النيوكليدات المشعة الموجودة في النفايات، درجة سمية المواد المشعة الموجودة في النفايات ، نصف عمر النيوكليدات المشعة ، شكل وحالة العبوة (التغليف) ، تركيبها الكيميائي . وقابلية النفايات المشعة للانفجار أو الاحتراق .

توضع حاويات التجميع في أماكن العمل على الرفوف السفلية للخزن أو في أماكن خاصة ويشترط أن توضع الحاويات على قواعد خشبية أو معدنية لا يسمح بتلامس السطوح السفلية للحاويات مع أرض المختبر أو أرضيات الأماكن وذلك لتجنب تلويث السطوح للأماكن التي تتواجد فيها الحاويات .

جمع النفايات الصلبة:

4 – 2 - يتم جمع النفايات المشعة الصلبة في حاويات خاصة مزودة بتغليف أولي وبأكياس بلاستيكية أو ورقية على شكل تغليف ذاتي أو ضمن أكياس من البلاستيك (البولي إثيلين) ويجب أن تحقق الأكياس المتانة الميكانيكية ومزودة بأحزمة ليتم ربطها من الأعلى بعد امتلائها بالنفايات المشعة ، ويمكن نقل هذه الأكياس مباشرة إلى محطة المعالجة بدون حاويات ويفضل أن توضع في حيز معزول تراعى فيه قواعد الأمان في التعامل مع المواد المشعة.

4 - 3- لا يسمح وضع قطع معدنية أو زجاجية في الأكياس لأنها تؤدي إلى

تمزيقها ، وإذا كان نشاط النفايات عالي فيجب ان تحاط بدرع واقٍ لتقليل الجرعة المؤثرة على العاملين في الجوار.

4 – 4 - يجب أن تكون حاويات تجميع النفايات الصلبة متعددة الاستخدام (أي تستخدم لأكثر من مرة) وذات أشكال وأبعاد محددة ومزودة بأغطية يمكن قفلها .

4 – 5 - يحدد تصميم حاويات التجميع وأبعادها حسب نوع النفايات المشعة وحسب شكل وطاقة إشعاع النويدات المشعة المتواجدة في النفايات ، ويجب أن تتصف هذه الحاويات بالمتانة الميكانيكية وأن تكون فيها تجهيزات تسمح بنقلها أو سحبها ، ويجب أن تكون السطوح الداخلية لحاويات التجميع ناعمة وملساء وغير ماصة للسوائل ويمكن معالجتها بالحوامض أو مواد إزالة التلوث الأخرى

4 – 6 - عند جمع النفايات ينبغي المحافظة على نظافة السطوح الخارجية للأكياس والحاويات من التلوث الإشعاعي.وإذا كانت النفايات الصلبة ملوثة بالنظائر المشعة قصيرة العمر فيتم حفظها وتخزينها لفترة كافية لكي ينخفض فيها النشاط الإشعاعي إلى القيم المسموح بها ويجري بعدها طرح النفايات كالنفايات العادية.

4 – 7 - كما تم التطرق سابقاً فان جثث الحيوانات المختبرية المحقونة بالمواد المشعة وبمحاليل كيميائية مثل الليزول أو الفورمالين وذلك لتجنب تفسخ الجثث وتوضع بعد ذلك في حاويات مخصصة لهذا الغرض بعد إضافة نشارة الخشب لامتصاص الرطوبة الناتجة عن الجثث. تعتبر جثث الحيوانات المختبرية نفايات صلبة تحفظ في ثلاجات مخصصة لجمع هذه الجثث لكي تنحل اشعاعيا ثم معالجتها والتخلص منها (بطريقة الحرق).

جمع النفايات السائلة:

4 – 8 - تجمع النفايات السائلة في المختبرات والمؤسسات التي تتعامل مع المواد المشعة بكميات قليلة اقل من 200 لتر/يوم في حاويات بلاستيكية محكم الغلق لا تسمح بانسكاب المواد المشعة السائلة على السطح الخارجي لحاوية التجميع كما في مختبرات البحوث الاشعاعية.

4 – 9 - يجب أن تتصف الحاويات بالمتانة الميكانيكية ومزودة بعنق أو أنبوب من أجل نقل وضخ السوائل إلى حاويات أخرى . ويجب أن توضع على سطوح كافة الحاويات إشارات الخطر الإشعاعي وأن تجهز أيضاً بلوحات أولصاقات يبين عليها اسم المنشأة أو المخبر ونوع النويدات المشعة والنشاط الإشعاعي وطريقة المعالجة المقترحة .

4 – 10 - يجب أن لا يزيد معدل الجرعة عن 100 µSv / h على مسافة متر عن سطح الحاوية.

4 – 11 - يجب تعديل درجة الحموضة للنفايات السائلة إذا اقتضى الأمر ذلك بحيث يجب أن تكون PH= 7 وتتم عملية التعديل في مكان تشكل النفايات من قبل أشخاص يتعاملون مع النفايات المشعة

4 – 12 - يجب تقسيم النفايات السائلة عند تجميعها الى نفايات قابلة للاحتراق وغير قابلة للاحتراق بحيث تجمع النفايات السائلة القابلة للاحتراق إن وجدت في حاويات خاصة تلبي متطلبات الوقاية من الحريق.

4 – 13 - المنشآت والمؤسسات التي تنتج نفايات سائلة مشعة تزيد كميتها على 200 لتر/يوم وذات نشاط إشعاعي نوعي يزيد بحدود 10 مرات على التركيز المسموح به فيجب أن تجهز بشبكة مجاري خاصة وخزانات مناسبة الحجم وإذا كانت السوائل ذات نشاط إشعاعي نوعي عالي جدا كما في حالة السوائل الحاوية على نواتج الانشطار عند معاملة الوقود المحترق يفضل أن تكون مصنوعة من الحديد المقاوم للصدأ وتدفن تحت سطح الارض ولها تجهيزات

ملحقة بها .

4 – 14 - أما النفايات المشعة السائلة الحاوية على النويدات المشعة ذات نصف العمر القصير (أقل من خمسة عشر يوما) تخزن لفترة زمنية محددة حتى ينخفض النشاط الإشعاعي إلى القيم المسموح بها ويصبح في الإمكان طرحها مع النفايات العادية أو تفريغها في شبكة المجاري العامة.

4 – 15 - يجب أن لا تزيد مدة الحفظ المؤقت للنفايات المشعة السائلة أو الصلبة المكونة في المنشآت المنتجة للنفايات عن شهر ، أما في حال كون كمية النفايات الناتجة أقل من خمسين لتراً (او kg) فإنه يسمح بحفظها مؤقتاً في المنشآت المنتجة لها، ولكن بشرط أن لا تزيد مدة الحفظ عن ستة أشهر. ويجب أن لا تزيد مدة الحفظ المؤقت للنفايات المشعة البيولوجية المنشأ عن خمسة أيام إذا لم تتوافر ظروف حفظها في برادات أو محاليل مناسبة .

جمع النفايات الغازية:

4 – 16 - يجري ترشيح النفايات الغازية الملوثة بالعوالق عن طريق نظام التهوية و ساحبات الهواء، يخضع الهواء الملوث بالعوالق المطروح عن طريق نظام التهوية إلى الجو الخارجي لعملية تنقية بواسطة مرشحات خاصة عالية الفعالية. وبعد ان تتشبع هذه المرشحات تعتبر ملوثات مشعة تسحب وتوضع في أكياس ثم تغلق بإحكام وتخزن مع النفايات المشعة الصلبة الأخرى.

4 – 17 - يسمح بإطلاق الغازات بعد عملية الترشيح إلى الجو مباشرة إذا كان تركيز المواد المشعة ضمن الحدود المسموح فإنها تخفف بهواء نظيف.

نقل النفايات المشعة:

4 – 18 - تخزن الملوثات المشعة الصناعية أو الطبية المغلقة أو المفتوحة بشكل مؤقت في أغلب الاحيان في أماكن استخدامها أو في مخازن مؤجرة خارج الموقع لغرض انحلالها أو ارجاعها الى الجهة المصدرة أو الاتفاق مع

جهة أخرى لغرض طمرها و التخلص منها.

4 – 19 - يتطلب الأمر اجراء عمليات النقل بين هذه الجهات حسب المعايير الدولية للنقل الآمن للمواد المشعة. يتم اختيار نوع الطرد حسب النشاط الاشعاعي للمصدر المشع حيث أن المصادر المشعة ذات النشاط الاشعاعي الواطئ مثل أجهزة القياس الصناعية تنقل بواسطة الطرود نوع (A) .

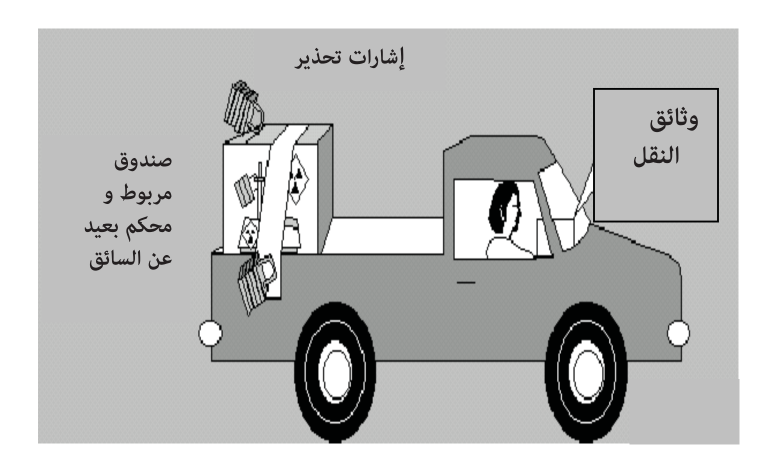
4 – 20 - المصادر المشعة ذات النشاط الاشعاعي العالي مثل المصادر المشعة لأجهزة التصوير الشعاعي باستخدام أشعة جاما فتنقل بواسطة الطرود نوع (B) والذي يصمم بحيث يتحمل الحوادث المختلفة، يتطلب استخدام هذا النموذج موافقة السلطة الرقابية.

4 – 21 - عند النقل تقوم السلطة الرقابية بقياس الجرعة الاشعاعية للطرد وهو على واسطة النقل للتأكد بأن مكافئ الجرعة الاشعاعية لا يزيد في أي نقطة من السطح الخارجي لصندوق السيارة عن 2 mSv/h وفي غرفة القيادة عن 25 µ Sv/ h ويمكن أن تضع السلطة الرقابية قيما أخرى. وتكون الطرود في نهاية العربة بعيداً عن السائق وفي داخل العربة توجد جميع الوثائق الخاصة بالنقل شكل (1 – 4)

4 – 22 - يتم نقل النفايات المشعة في وسائل نقل مجهزة خصيصاً لهذا الغرض أو بوسائط النقل الخاصة بمحطة معالجة النفايات والمجهزة خصيصاً لنقل المواد المشعة والمصممة حسب مواصفات ومعايير موضوعة من قبل الجهات الرسمية المختصة .

شكل (4 – 1) نقل المصادر المشعة

أ – نقل ملوثات صناعية ذات نشاط إشعاعي متوسط بالسيارة



ب – نقل ملوثات ذات نشاط إشعاعي عالي(الوقود النووي) بالقطار



4 – 23 - يسمح بنقل النفايات المشعة بوسائط النقل المائية والبرية والجوية وذلك على شكل حاويات وعبوات متينة ميكانيكياً ومحكمة الإغلاق ومراعية

لقواعد النقل الآمن للمواد المشعة .

4 – 24 - يجب أن تتم عملية نقل الطرود المشعة داخل المنشأ من وإلى المخازن المؤقتة بواسطة عربات صغيرة موصولة بساعد حر الحركة طوله ليس أقل من متر وذلك لتحاشي تعرض الشخص الذي يجر العربة للأشعة المؤينة.

4 – 25 - يجب استخدام وسائل نقل خاصة لنقل المعدات الكبيرة الحجم الملوثة بالمواد المشعة من مكان تشكلها إلى محطة المعالجة ، ويجب أن تؤمن هذه الوسائل حماية العاملين ووسائط النقل نفسها والبيئة من الخطر الإشعاعي.

4 – 26 - يمكن في حالات خاصة تقطيع هذه المعدات إلى قطع أصغر في الأماكن التي تتشكل فيها النفايات ، وذلك لسهولة نقلها إلى محطة المعالجة ، ويجب أن تنفذ أعمال التقطيع في مكان يحقق شروط الوقاية من الإشعاع ثم تنقل النفايات المشعة بوسائط نقل خاصة تراعي فيها قواعد الأمان الاشعاعي وتحمي السائقين والمتواجدين بالقرب منها من التعرض لجرعات عالية من الإشعاع.

4 – 27 - يتم نقل النفايات الصلبة والسائلة إلى مراكز المعالجة والتخزين إذا كانت تحوي على نظائر مشعة نصف عمرها أكثر من 15 يوماً وتستخدم حاويات وصناديق خاصة ،تشكل عملية نقل النفايات المشعة إحدى أهم مراحل التخلص من النفايات المشعة مع تطبيق معايير النقل الآمن للمواد المشعة أثناء النقل.

4 – 28 - يتم نقل النفايات الصلبة المشعة بواسطة حاويات معدنية ذات غطاء ومبطنة من الداخل بكيس من البولي إيثيلين يوضع قبل وضع النفايات ويربط أعلاه بعد الامتلاء ثم يثبت فوقه الغطاء . يمكن تصنيع هذه الحاويات بأحجام مختلفة 100،50،و200 لتر ، يلصق على السطح الخارجي للحاويات ملصق تحذير من الإشعاع وملصق آخر تدون عليه المعلومات المتعلقة بمواصفات

الملوثات المنقولة.

4 – 29 - أما النفايات السائلة فيتم نقلها بنفس الحاويات والأواني المستخدمة لجمع النفايات السائلة من الحجم 25، 50 ، و100 لتر مزودة بغطاء خاص يغلق بشكل محكم لمنع أي تسرب أثناء عمليات التحميل والنقل،

4 – 30 - أما في المنشآت الكبيرة والمجهزة بشبكة المجاري الخاصة فيتم نقل السوائل المتجمعة بواسطة صهاريج حوضية مركبة على سيارة مخصصة لذلك. لا تتسرب منها الملوثات أثناء النقل ، يتم سحب السوائل من خزان التجميع إلى الصهريج بواسطة مضخة، يزود الصهريج بفتحة خاصة (صمام) لتفريغ الغازات والأبخرة المتشكلة أحياناً، يفتح هذا الصمام لإخراج الهواء أثناء التعبئة، ومزودة بأجهزة إنذار بحيث عند امتلائها تعطي إشارات ضوئية وصوتية للدلالة على امتلائها ويتم في هذه اللحظة فصل مضخة التعبئة أوتوماتيكياً . يلصق على سطح هذه الحاويات نفس الملصقات المذكورة أعلاه.

4 – 31 - ينبغي أن تتوفر عند مدخل المنشآت التي تتكون فيها النفايات المشعة ساحة مناسبة للشحن تقف عندها وسائط النقل الخاصة بحاويات نقل النفايات المشعة وبعد ذلك تنقل الى محطة المعالجة أو مستودع الخزن ويشترط أن تكون هذه الساحة مجهزة بكافة التجهيزات الضرورية لتحميل الحاويات وأن تقع الساحة بالقرب من مستودع الحفظ المؤقت .

4 – 32 - يجب أن لا تزيد شدة الجرعة الإشعاعية على مسافة متر من سطح الحاوية الممتلئة بالنفايات المشعة عن 100 µSv / h.

4 – 33 - تكون واسطة النقل المستخدمة بشكل دائم لنقل النفايات المشعة مجهزة بالمعدات التالية:

أ - غطاء يحفظ المواد من التأثيرات الميكانيكية والكيميائية والرطوبة على المواد المنقولة .

ب – دروع للوقاية من التعرض الإشعاعي .

ت- مطافئ حريق .

ث- قواعد لتثبيت حاويات النفايات المشعة حتى لا تسقط عند حصول أي طارئ .

ج - أجهزة قياس إشعاعية وإشارات الخطر الإشعاعي التحذيرية .

ح- شاخصات وإشارات توضع على بعد كاف حول السيارة للتحذير من الاقتراب أثناء التوقف بسبب حادث أو خلل مفاجئ ، أجهزة تحذير ضوئية وصوتية وأجهزة اتصال لاسلكي أو محمولة. وأن تزود بآلية تحميل وتفريغ للحاويات والعبوات الممتلئة بالنفايات المشعة .

4 – 34- تعتبر الشحنة معفاة من قانون الممارسات المتعلقة بالنقل الآمن للمواد المشعة إذا كانت الجرعة على سطح الحاوية لا تزيد على 5 μSv/h وينبغي أن لا توضع عليها أي علامة مرئية للتحذير من الإشعاع ولكن الغلاف الداخلي يجب أن يتضمن علامة مرئية للتحذير من الإشعاع تكون واضحة عند فتح التعبئة والتغليف. وسيلة النقل لهذه النفايات يجب أن لا تحمل أي علامة للتحذير من الإشعاع أو ما يوحي بأنها تحمل مواد مشعة. ومع ذلك ، فإنه يقترح أن توضع العلامة المرئية للتحذير من الإشعاع في حالة وقوع حادث والسائق غير قادر على إسداء المشورة إلى أي شخص .

4 – 35 - يجب أن يكون السائق ذو خبرة ومهارة في القيادة لا تقل عن ثلاث سنوات وأن تكون السيارة مرخصة لنقل المواد المشعة.

4 – 36 - يجب أن تكون واسطة النقل المخصصة لنقل النفايات المشعة الصلبة مغطاة ، مادة السطح الداخلي لصندوق الشحن يمكن إزالة تلوثها بمحاليل إزالة التلوث الخاصة. يصمم صندوق الشحن بحيث يسمح بجمع محاليل إزالة التلوث بعد استخدامها في عملية غسل السطح الداخلي للصندوق .

4 – 37 - تتم عملية الشحن حسب مسار معين تحدد بدايته ونهايته من قبل ضابط الوقاية الإشعاعية بالاتفاق مع إدارة محطة معالجة النفايات المشعة وإدارة المرور والجهات الأمنية المختصة .و يجب أن يحمل السائق الوثائق التالية:

أ- شهادة قيادة تخوله قيادة السيارات الشاحنة . ويجب أن يتعاون على القيادة سائقان عندما تكون المسافة كبيرة والفترة الزمنية أكثر من اثنتي عشرة ساعة لنقل النفايات المشعة إلى محطة المعالجة .

ب- شهادة اجتياز دورة تدريبية بالوقاية من الإشعاع موافق عليها من قبل السلطة الرقابية .

ت- وثيقة شحن خاصة بالنفايات المشعة تبين فيها كامل المعلومات حول الشحنة

ث- في حال حدوث أي حادث يجب أن يقوم السائق باتخاذ الإجراءات اللازمة مثل عدم السماح باقتراب أي شخص كان إلى مكان الحادث ووضع الإشارات التحذيرية على بعد 300 متر من مكان وقوع الحادث وتقديم المساعدات الطبية الأولية للمصابين واستدعاء وسائل الإطفاء وإعلام ضابط الوقاية من الاشعاع والسلطة الرقابية .

4 – 38 - تقوم إدارة محطة معالجة النفايات المشعة وقبل كل رحلة بإجراء مراقبة مستويات النشاط الإشعاعي وإجراء اختبارات تلوث السطوح لوسائل النقل والتي يجب أن لا تزيد عن القيم المسموح بها. وبعد ذلك يتم ختم مهمة السيارة ومنحها إذن بالتحرك وتدون نتائج المسح الإشعاعي في سجل خاص .

4 – 39 - تقع مسؤولية حركة سير السيارة من مكان الاستلام وعودتها حسب الجدول الزمني وضمن خط السير المحدد على عاتق السائق . يتفق مع إدارة المرور على خطوط سير سيارات النفايات المشعة وتواريخ حركتها . يمنع وبشكل قطعي تغيير خط السير المرسوم والوقوف في اماكن مزدحمة وترك السيارة بدون مراقبة .

الفصل الخامس

خزن النفايات المشعة

الخزن لغرض الانحلال Decay storage :

1-5 - بالرغم من أن مثل هذه المخازن تكلف مبلغا من المال ولكنها أقل بكثير من كلف التدوير. توجد فوائدة كثيرة من خزن المصادر لغرض انحلالها إشعاعيا قبل اتخاذ أي أجراء و يمكن التوصل إلي ذلك عن طريق خزن المصادر في مخزن مرخص من السلطات الرقابية في موقع المالك للمصدر والذي يكون مفيدا للخزن المؤقت للمصادر ذات أعمار النصف القليلة نسبيا مثل Ir – 192 .

2-5- الخزن في موقع الاستخدام يوفر فرصة جيدة للخزن الآمن لفترة طويلة نسبيا وتقليل المخاطر الإشعاعية .مثل هذا الخيار مهم للمصادر المشعة المغلقة ذات عمر النصف القصير في موقع المالك عن طريق تخزينها في موقع ذي مواصفات ملائمة مع إجراء مراقبة إشعاعية مستمرة حتى يصل النشاط الإشعاعي للمصدر إلى مستويات واطئة جدا (70 kBq/ kg) (2 nCi/g تقريباً) ، بعدها تصرف كنفايات عادية.

3-5- الفترة الزمنية للانحلال عادة ما تعادل عشرة أمثال نصف العمر للنظير المشع والتي تكون كافية ليصبح النشاط الإشعاعي للمصدر ضمن مستويات قابلة للتخلص منها على أنها نفايات اعتيادية إذا كان النشاط الاشعاعي المتبقي المصرف إلى البيئة ضمن الحدود والمعايير الموضوعة من قبل السلطة الرقابية.

4-5- توضع المصادر المشعة المستهلكة بقصد التفكك في الحاويات التي شحنت فيها بعد إخراجها من الأجهزة التي كانت فيها، على أن يوضع ملصق على

سطح الحاوية تدون فيه جميع المعلومات المتعلقة بالمصدر والتي تتضمن إشارة تحذير مـن الإشـعاع ، نوع المصدر المشع ، النشاط الإشعاعي، تاريخ بدء التخزين بقصد التفكك وتاريخ انتهـاء التخـزين لـكي يتم تصريف المصدر كمادة غير مشعة.

5-5- خلال جميع فترة الخزن يجب إجراء مراقبـة ومـسح إشـعاعي للمـصدر المـشع وإجـراء الفحـص الدوري واختبارات المسحات للتحقق من خلو الحاويات من التسرب والتلوث.

5 - 6- يفضل أن يكون موقع الخزن بقصد الانحلال ضمن المنشأة في مخازن مدرعة جـدرانها سـميكة ومدخلها مغلق ويحظر الدخول لغير الأشخاص المخولين لكي تقي عاملي المنشأة من التعرض للأشعة.

5-7- مخازن المصادر المشعة يجب أن تكون معزولة بعيدة عن مكـان وجـود العـاملين، والأرضـية مكسوة بقطعة كاملة من النايلون لغرض تسهيل إزالة التلوث الإشعاعي عنها ، تكون مرتفعة عـن سطح الأرض لكي لا تدخلها المياه أثنـاء الأمطـار الغزيـرة والفيـضان، وأخـيراً يحـاط المخـزن بـسور مشبك من الحديد السميك عرضه لا يقل عن 2 متر وباب يغلق ويقفل، مع وضع إشارات تحـذير من الإشعاع.

الخزن لفترة (Interim storage) :

5-8- تستخدم هذه المخازن لغرض خزن المصادر المشعة ذات أعمار النصف أكـثر مـن خمـس سـنوات لغرض تهيئتها للطمر في موقع طمر سطحي وهو الأكثر أمنا وأقـل كلفـة لغـرض التعامـل مـع المـصادر المستهلكة والنفايات الصناعية. الكلفة التي تصرف في بعض الحوادث الإشـعاعية الـصناعية قـد تكـون أكبر بكثير من الكلفة المصروفة على إنشاء موقع طمر سطحي.

5 - 9 - موقع الطمر العميق يكون مطلوبا على المستوي الوطني أو الإقليمي ، مثل مواقع الطمر هذه تكون مهمة للدول التي تملك مفاعلات أو محطات قدرة نووية والتي تولد نفايات مشعة ذات نشاط إشعاعي عالي. أما الدول التي لا تمتلك مفاعلات نووية فإن بناء مواقع طمر عميقة يكلف كثيرا مقارنة بالفائدة منه . والحل العملي لمثل هذه الحالة هو التعاون الدولي لإنشاء مواقع طمر عميقة على المستوي الإقليمي ووضع نظام وطني فعال لأمن وأمان عمل هذه المنشآت.

5 – 10- قبل الطمر يجب توفر مواقع لمعاملة المصادر المشعة.

5 – 11- منشآت الخزن لفترة قد تحتاج إلي أكثر من خيار لغرض تقديم الخزن لفترة إلي مدى أوسع من المصادر المشعة المستهلكة التي من المتوقع مجابهتها.

5 – 12-عندما يكون المخزن غير مدرع بما فيه الكفاية ، فمن المناسب خزن المصدر داخل درعه في المخزن. تستخدم الحاوية المدرعة للمصدر كحاوية نقل والتي تسلم إلي المخزن على أساس عدم إرجاع الحاوية . ويمكن إضافة تدريع آخر من الاسمنت للمخزن عند الخزن.

5 – 13- منشآت الخزن لفترة تحتاج إلي إمكانية إخراج المصدر من حاويته قبل طمره. بالإضافة إلي ذلك فإن الحاوية الأصلية للمصدر قد لا يمكن أن تطبق عليها لوائح النقل الحالية .

5 – 14- هناك حدود تشغيلية تتضمن متطلبات العزل. متطلبات العزل تخضع إلي الظروف المستقبلية المتوقعة ومتطلبات التخلص من المصدر المشع وقد تتضمن حدود ومعدل الجرعة حول الحاوية ، يتم العزل للمصادر المشعة استنادا لنوع الإشعاع وعمر النصف للمصدر .

5 – 15- عندما يكون المخزن مدرع ، فمن المناسب خزن المصدر المشع

المستهلك داخل حاويته غير المدرجة .الغرض من هذا الخزن هو انحلال المصدر إشعاعيا ثم تهيئته لاعادته للمورد، إعادة تدويره ، أو طمره النهائي .

5 – 16- يتم خزن المصادر في آبار للخزن تقع أسفل وحدة معالجة المصادر. في هذه الحالات فان المصادر تحفظ في حاويات صغيرة الحجم . والمثال لهذا النوع من مخازن النفايات المشعة هو وجود عدد من الآبار في المخزن في هذه المنشآت .

5 – 17- شكل 5 – 1 يوضح المخطط للمراحل المختلفة لمنظومة إدارة طمر المصادر المغلقة المستهلكة وهذه المراحل:

المرحلة الأولي :

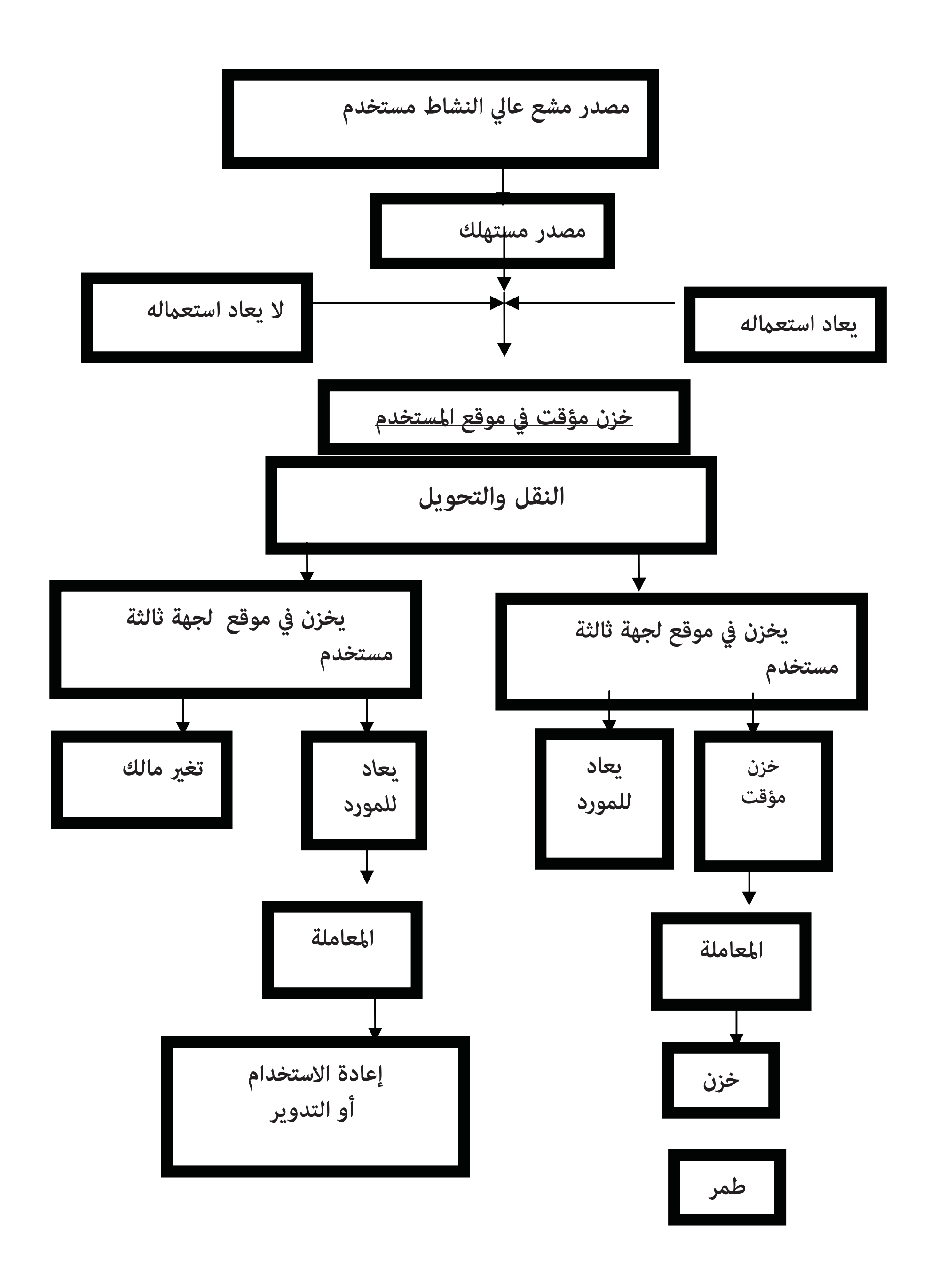
تتضمن تشخيص المصدر المستهلك أو الناضب يتطلب إعلام السلطة الرقابية عن وضعية المصدر . وعند التحضير للخزن المؤقت يجب الأخذ بنظر الاعتبار إعادة التدوير في المستقبل. في هذه المرحلة تعزل المصادر التي سوف يعاد تدويرها أو يعاد استخدامها عن بعضها والتأكد بأن خزنها آمن.

المرحلة الثانية:

هو الخزن المؤقت قبل النقل إلي المخزن السطحي أو الطمر لغرض الحصول على أفضل مستوى عملي للأمان والوقاية الإشعاعية في شروط خزن لا تؤثر على خواص وشكل حاوية المصدر ، تؤخذ بعض الخطوات المهمة في الخزن المؤقت بالتزامن مع خطوات أخرى في ادارة المصادر المستهلكة .من أهمها :

1- الأجهزة المتنقلة المستخدمة في التصوير الإشعاعي تنقل اجمعها إلي موقع الخزن المؤقت .الأجهزة المتنقلة الكبيرة مثل أجهزة العلاج الإشعاعية عن قرب فيجب أن يتم اخراج المصدر مع حاويته في موقع العمل ثم ينقل المصدر وحاويته إلي موقع الخزن المؤقت.

شكل 5 – 1 مخطط إدارة المصادر الصناعية المستهلكة



2 - الأجهزة المثبتة بشكل دائم مثل أجهزة التشعيع أو أجهزة العلاج الإشعاعي عن بعد يفضل أن يبقي في موضعها ويعتبر ذلك كخزن مؤقت. أما إذا كان المطلوب تحويل ونقل هذه الأجهزة فيجب أن يتم فصل المصدر المشع مع حاويته من قبل خبير متخصص في هذا المجال .

فهي التهيئة لنقل المصادر المشعة إلي المخزن السطحي والذي يبدأ باختبار مسار النقل والتحضير للنقل إلي الموقع المختار . النقل قد يكون بريا ، بحريا ، جويا ، وقد يكون النقل عبر الحدود الدولية .

المرحلة الثالثة:

5 – 18-أهم النقاط التي تتوفر في عملية نقل المصادر المستهلكة ذات النشاط الإشعاعي العالي تؤخذ بعين الاعتبار الصعوبات والكلفة في هذه العملية لذلك من الطبيعي أن يحفظ المصدر بشكل مؤقت بدون تحويله إلي مخزن سطحي أو موقع لطمر النفايات. الخزن المؤقت لا يتلاءم مع أمن المصادر ومتطلبات السيطرة على المصادر .

5 – 19- أوضحت الخبرة المتراكمة بأن الحوادث تحصل عندما يكون المصدر في الخزن المؤقت. لذلك يجب تقديم كل الإمكانيات لغرض نقل المصادر المستهلكة المشعة إلي مخزن سطحي مركزي في زمن معقول . عندما يستلم المصدر في المخزن المركزي يجري له بعض المعاملة قبل وضعه في المخزن **– 20**-**5** من المتطلبات المهمة في المخازن السطحية هو عزل المصادر المشعة المستهلكة لان العزل مهم في أمان المصدر، أن سياسة العزل تتضمن العزل على أساس نصف العمر و مستوي النشاط الإشعاعي . وفي النهاية فإن المصدر سوف يتم إخراجه من المخزن السطحي لغرض النقل إلي موقع الطمر النهائي .

الخزن المؤقت

5 – 21- يجب اختيار موقع المخزن بحيث يكون بعيداً عن المباني وأماكن

تواجد العاملين والجمهور. وأن يكون سمك الجدران والحواجز الرصاصية عليها وعلى الأبواب كافية لمنع تسرب الإشعاع إلى خارج المخزن .وضع علامات الإشعاع المميزة على باب المخزن وجوانبه من الخارج مع التحذير بعدم الاقتراب منه ويمنع دخوله إلا لأوقات قصيرة محددة من قبل مختصين بغرض إدخال أو إخراج النفايات . في حالة النفايات السائلة تغطى أرض المخزن بالفينيل وتغطى الجدران وأسطح الرفوف بطبقة ملساء ناعمة غير قابلة لامتصاص السوائل مثل السيراميك.

5 – 22- يجهز المخزن بأجهزة تهوية مزودة بمرشحات مناسبة ، وذلك لإزالة أي تلوث إشعاعي يحدث في جو المخزن نتيجة لأبخرة النظائر المشعة الطيارة أو شبه الغازية أو القابلة للتسامي.

5 – 23- يجب على العاملين عند دخول المخزن ارتداء الملابس الواقية قفازات ، كمامات ، أحذية.

5 – 24- يجب أن يزود مخزن النفايات المشعة بمصادر مياه وأحواض ومجاري اعتيادية لتصريف المياه المستعملة والنفايات المشعة السائلة إلى المجاري العامة.

5 – 25- يحصل الخزن المؤقت في الوقت الذي تخزن فيه المصادر المستهلكة على أساس مؤقت في موقع مالك المصدر أو في موقع لجهة ثالثة. قد يحصل الخزن المؤقت في زمن تبديل المصدر أو عندما يخرج الجهاز الحاوي على المصدر المشع من الخدمة .

5 – 26- الخزن المؤقت يفضل أن يكون لفترة قصيرة ما أمكن قبل نقل المصدر إلي مواقع الخزن لفترة أو للمواقع التي يتم التعامل بها مع هذه المصادر وتتضمن فترة الخزن المؤقت وضع الخطط لنقل ومعاملة المصادر.

5 – 27- ينبغي أن تتوفر في هذه المخازن أمن وسلامة المصدر والعمل

المستقبلي للمواقع والسيطرة الإدارية على المصادر المخزونة وجميع هذه المتطلبات ضمن مستلزمات الإجازة الصادرة عن السلطة الرقابية والتي تقوم دوريا بعملية التفتيش الدوري للتأكد بأن المواقع تعمل حسب متطلبات الإجازة .

5 – 28 – أحد الخيارات الممكنة للخزن المؤقت هو الخزن الرطب (wet storage) ويطبق في مواقع التصنيع للمصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي أو أجهزة التشيع الكبيرة .

5 – 29 – التحضير للخزن المؤقت يمكن أن يأخذ أحد المرحلتين:

أ- إخراج المصدر من موقع عمله وتحويله إلي مخزن مؤقت . عند هذا الاختيار فإنه لا يتم فصل المصدر عن درعه الواقي ولا تتم أي محاولة لتعطيل منظومة إغلاق المصدر . ان فصل المصدر من درعه الواقي يتم بموجب خطوات مصادق عليها وبواسطة أشخاص مدربين جيدا وإلي حاوية نقل مصممة خصيصا لذلك المصدر .

ب - المصدر يبقي في موقع عمله قبل الخزن المؤقت .ويطبق هذا الاختيار في حالة الأجهزة الثابتة ، ففي الخزن المؤقت يتم ترك المصدر في الجهاز بحيث لا يبعث الأشعة ويتم التأكد من ذلك بالمسح الإشعاعي الروتيني أما في حالة الخزن الرطب فان نوعية ومستوي الماء يجب فحصهما باستمرار طيلة فترة الخزن .

5 – 30 - المصادر المشعة المستهلكة يتم تحضيرها بإضافة طريقة للأمان للتأكد من أن المصدر لا يتحرك من موقع الأمان داخل الحامل. ان عملية الأمان يجب أن تصمم وتوضح بطريقة تسمح بإخراج المصدر من الحامل بسهولة بعد فترة. توضع فوق الأجزاء المحورة لاصقة توضح عليها طريقة عمل هذه الأجزاء وسبب وضعها .

5 – 31 - يتضمن التحضير للخزن قياس المسحات لغرض قياس التلوث الإشعاعي. وفي حالة حصول هذا التلوث فان معرفة السبب ضرورية جدا

ويجب احتواء التلوث الإشعاعي طيلة فترة الخزن المؤقت .

5 – 32 - الأجهزة التي تحتوي على مصادر مغلقة ينصح بتغليفها في فترة الخزن لغرض حمايتها من الأضرار البيئية مثل التآكل والأوساخ والحشرات والمواد الأخرى غير المرغوب بها للدخول إلي الأجزاء الحساسة لحامل المصدر الإشعاعي .

5 – 33 - توضع على الجهاز علامات تحدد الخواص المهمة للمصدر مثل نوع النظير المشع ،تاريخ التصنع ، الرقم التسلسلي ، النشاط الإشعاعي وتاريخ التعبير . وكذلك توضح علامات تحذيرية من الإشعاع عند فترة الخزن .

5 – 34 – النفايات المشعة ذات النشاط الإشعاعي العالي مثل الوقود المستنفذ (المحترق) يمكن معاملتها عن طريق الخزن المؤقت لغرض انحلال النظائر ذات العمر المنصف القصير. ويخزن الوقود المستنفذ داخل أحواض مدرعة مملوءة بالماء تكون في بناية المفاعل أو في داخل كاسيتات معدنية جافة شكل 5 – 1 .

أنواع المخازن

توجد عدة أنواع من مخازن المصادر المشعة تعتمد على نوع المصدر ,نشاطه الإشعاعي ,حجمه والغرض من الخزن ومن أهم الأنواع :

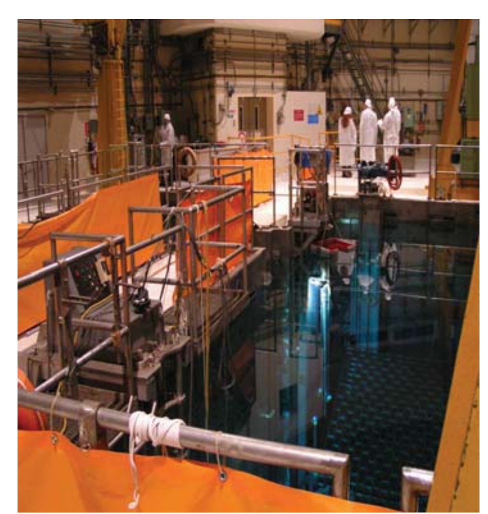
الخزائن المدرعة:-

5 – 35 – يكون هذا الخيار ملائما لخزن الحاويات الصغيرة التي توضع على أرض الخزانة ، والمصادر النقطية التي توضع على الرفوف الداخلية للخزانة. تكون هذه المخازن مشابهة تقريبا لخزانات البنوك و تبطن من الداخل بصفائح من الرصاص، وتجهز بقفل خاص لا يمكن فتحه إلا باستخدام أرقام سرية معينة شكل 5 – 2 . هذه الخزائن توضع على الأرض مباشرة.تمتاز بصلادتها ،توفرها ، رخص ثمنها مقارنة بالأنواع الأخرى من المخازن .يتم اختبار هذه

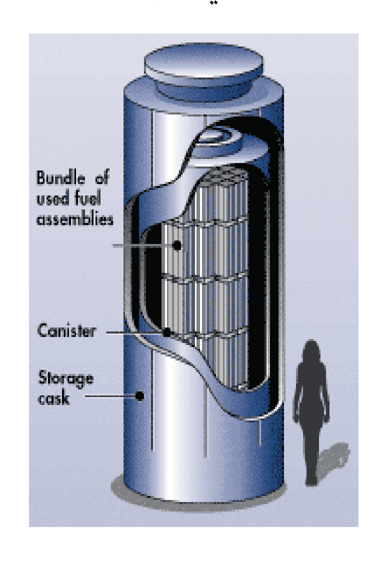
الخزائن لمقاومتها للحريق والسقوط والانفجار ومقاومة لاختراق. يوضع على باب الخزانة ملصق يدون فيه معلومات كاملة عن المحتويات وتاريخ إدخالها والنشاط الإشعاعي للمصادر المحفوظة مع لصق إشارة تحذير من الإشعاع على جميع جوانب الخزانة.

شكل 5 – 1 خزن أعمدة الوقود المحترق





في كاسيت جافة



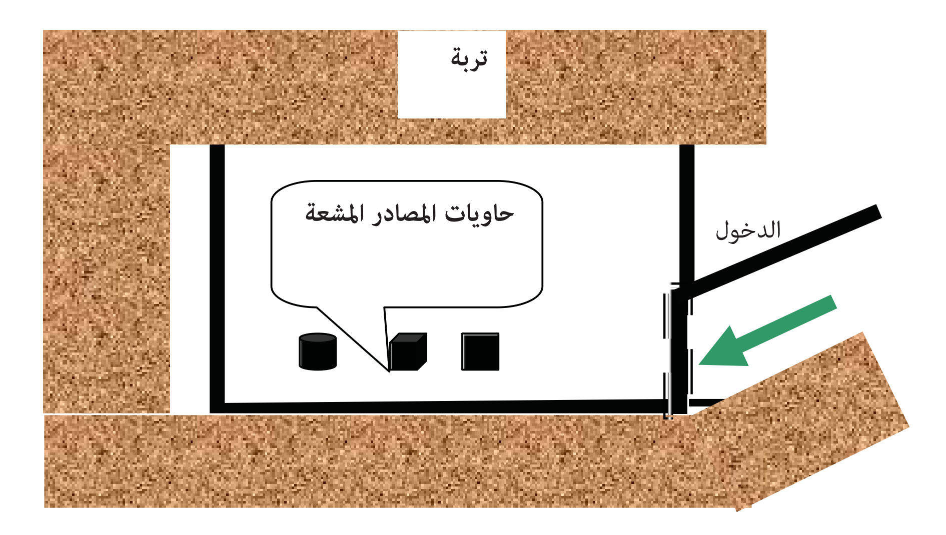
المخازن بشكل رفوف داخل حجر إسمنتية-:

5 – 36 – تستخدم هذه المخازن لتخزين أعداد كبيرة من الحاويات الصغيرة والمتوسطة مختلفة النشاط الإشعاعي لفترة قصيرة. تصنع هذه المخازن من غرف مصنعة من الخرسانة المسلحة ذات جدران سميكة وخالية من النوافذ وتكون الأبواب من الحديد السميك المبطن بالرصاص لا يمكن فتحه إلا باستخدام أرقام خاصة، كما يزود مدخل الغرفة بجهاز إنذار يحذر من دخول الأشخاص غير المخولين.

شكل 5 – 2 خزانة مدرعة تستخدم لتخزين المصادر المشعة المؤقت



شكل (5 – 3). المخازن داخل حجر اسمنتية-:



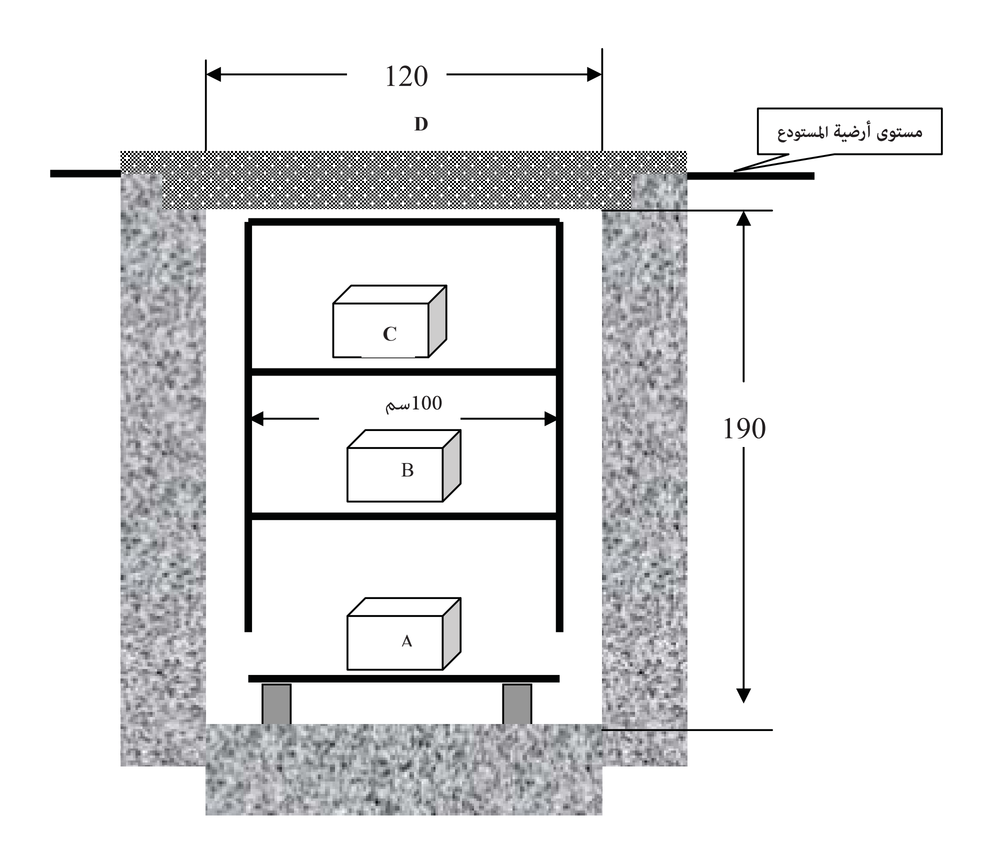
يحتوي المخزن على رفوف تستخدم لحفظ الحاويات الصغيرة ، أما الحاويات الكبيرة والثقيلة فيجري وضعها على أرض الغرفة مباشرة.،يوضع على باب المخزن علامات تحذيرية ومخطط يوضح معرفة مكان كل حاوية ولا يتطلب

الأمر المكوث داخل المخزن مدة طويلة عند إخراج أو إدخال الحاويات

5 – 37 – المخازن (حجرة) الإسمنتية المسلحة تحت سطح الأرض:-

تكون هذه المخازن من غرف تبنى من الخرسانة المسلحة أو الطابوق والاسمنت وتكون داخل الأرض وبذلك يستفاد من التربة على الجوانب والسقف لزيادة عامل التدريع وتستخدم لخزن مختلف أحجام الحاويات لفترة طويلة. تجهز هذه الحجرات بغطاء سميك من الأسمنت المسلح ضمن إطار معدني محكم الإغلاق يمكن تحريكه على برافعة خاصة في أعلي المخزن شكل (5 – 4).

شكل (5 – 4). مخزن إسمنتي داخل الأرض في سوريا



صمم المستودع بحيث ترتفع أرضيته عن المنطقة المحيطة مما يساعد في تجنب تسرب المياه إلى الحفر في حالة السيول والفيضانات، لذا ليس هناك ضرورة لرفع حواف جدران الحفر 60 سم، والذي بدوره يعيق حركة نقل الحاويات بواسطة الرافعة من الخارج إلى الحفر البعيدة كما أنه يجعل من الصعوبة رفع الحاوية الثقيلة عن الأرض ووضعها على رفوف السلة التي تكون في تلك اللحظة مرفوعة بواسطة الرافعة ومعلقة في الهواء .

كذلك تستخدم بعض شركات حفر الآبار النفطية مثل هذه المخازن لغرض خزن المصادر المشعة لسبر الآبار والتي تستخدم بين فترات طويلة نسبيا .توضع حاويات المصادر المشعة فوق رفوف باستخدام معدات رفع ميكانيكية وتنزل الرفوف بحاوياتها داخل الغرفة الإسمنتية.

المخازن (حجرة) فوق سطح الأرض:-

5 – 38 – تستخدم هذه المخازن لغرض تخزين المصادر مع حاوياتها بشكل مؤقت وإخراجها عند الاستخدام أو خزن المصادر المستهلكة لحين إرجاعها للشركة المصنعة أو طمرها . تشيد هذه المخازن في منطقة مرتفعة عن المياه الجوفية بعيدة عن أماكن وجود العاملين ولكنها قريبة من طرق المواصلات. تبنى المخازن بالطابق والاسمنت شكل (5 – 5).

أو تكون بشكل حاويات حديدية كبيرة في داخلها حفر إسمنتية مبطنة بالحديد وبعمق بين 1 - 2 متر وغطاء إسمنتي او حديدي مبطن بالرصاص شكل (5 – 6).

شكل (5 - 5) مخزن فوق سطح الأرض



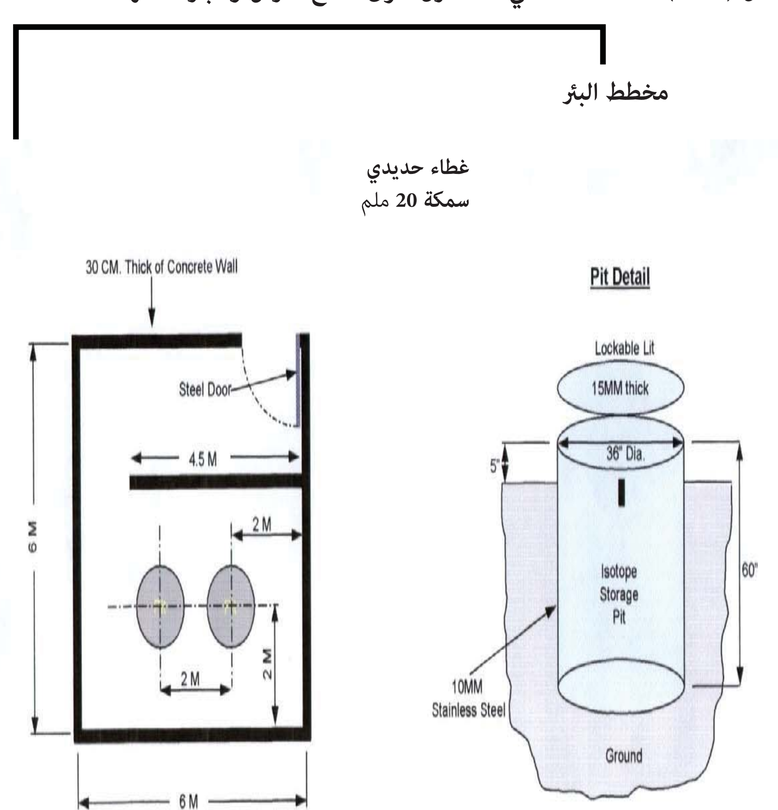
شكل (5 - 6) مخزن فوق سطح الارض يحتوي على حفر اسمنتية .



ويوجد داخل المخزن قاطع من الأسمنت (Maze) لغرض وقاية العاملين عند دخول المخـزن شـكل (5 – 6). يحاط المخزن بسياج مشبك معدني يمثـل منطقـة المراقبـة الإشـعاعية توضـع عـلى الـسياج ومـن جميع الجهات العلامات التحذيرية من الإشعاع.

يتم إخراج وإدخال المصادر بحاوياتها باستخدام الرافعات الجسرية في حالة المصادر الكبيرة والحبـال في حالة الحاويات الصغيرة.يمثل المخزن منطقة المراقبة الإشعاعية.

الشكل (5 – 6). مخطط هندسي للمخازن فوق سطح الأرض والآبار داخلها



توجـــد داخـــل المخـــزن وبعـــد المـــدخل مبـــاشرة منظومـــة لقيـــاس الجرعـــة الإشـــعاعية

تتصل بمنظومة صوتية ضوئية تعمل عند تجاوز الجرعة داخل المخزن حد معين شكل (5 –7).

شكل (5 –7). منظومة صوتية ضوئية تعمل عند تجاوز الجرعة داخل المخزن حد معين توضع في مدخل مخازن المصادر المشعة.



مخازن مشبكه صغيرة :

5 – 39 – في حالة مواقع النفط والغاز البحرية التي تكون بشكل منصات ثابتة أو بأرجات تستخدم فيها مصادر الإشعاع بشكل مقاييس نووية أو أجهزة التصوير الإشعاعي التي تحتوي على مصادر باعثة لأشعة جاما أو أجهزة أشعة سينية. تحتاج هذه المصادر إلى مواقع خزن، ولمحدودية مساحة المواقع البحرية للنفط والغاز تكون مخازن المصادر المشعة صغيرة من مشبك حديدي وتنشأ في منطقة بعيدة عن سكن وتواجد العمال وتكون باتجاه الماء من معظم الجهات .توضع حاويات المصادر المشعة على ارض المخزن وتكون من الحديد المبطن بالرصاص.ويمثل المخزن منطقة المراقبة ويحاط بسياج بشكل مشبك حديدي أو حبال يمثل منطقة المراقبة شكل (5 –8).

5 – 40 -يوضح الجدول (5 - 1) مقارنة بين الأنواع المختلفة للمخازن التي تم شرحها أنفا

الشكل (5 –8) مخزن المصادر المشعة في أحد المنصات البحرية للغاز.



الجدول(5 – 1)خلاصة الأنواع المختلفة للمخازن

نوع المخازن	خزانة مدرعة	حجرة إسمنتية	حجرة إسمنتية تحت الارض	حجرة فوق سطح الأرض	مخازن رطبة
السعة	قليلة	كبيرة	كبيرة	كبيرة	كبيرة
الكلفة	قليلة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	كبيرة
الأمان	جيد	جيد	جيد جدا	جيد	جيد
الوقاية الاشعاعية	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد
المسح الاشعاعي	دوري	دوري	دوري	غير دوري	دوري
سهولة الوصول	جيد	جيد جدا	جيد	ضعيف	جيد جدا

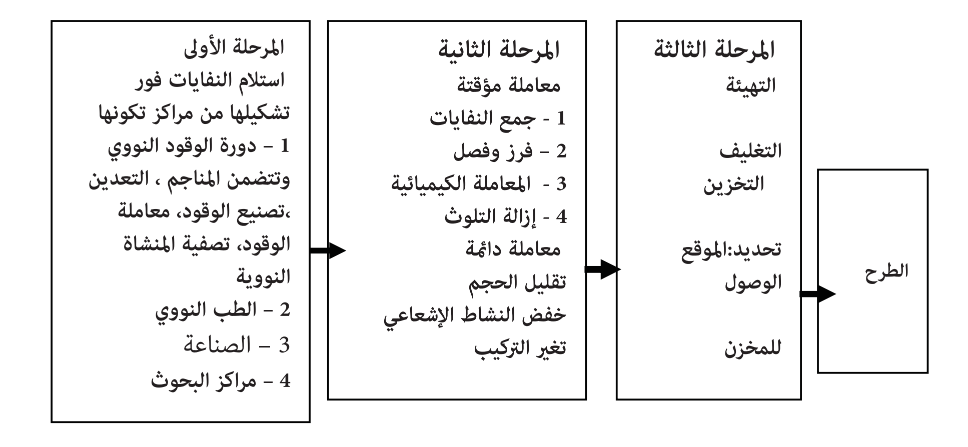
الفصل السادس

ادارة النفايات المشعة:Management of waste

ادارة النفايات المشعة الصلبة

6 -1- قبل البدء بعملية معالجة النفايات المشعة يجب فرز النفايات الصلبة حيث تجري عملية الفـرز بحيث تتلاءم مع الطريقة التي ستعالج بها هـذه النفايـات، والتـي تقـوم عـلى تقليـل حجـم النفايـات بهدف تخفيض تكاليف عمليات الخزن والنقل والتخلص النهائي منها إلى جانب تـوفير للوقـت.سـياقات إدارة النفايات المشعة موضحة في الشكل (6-1)

الشكل (6-1) مخطط إدارة النفايات



6 -2- تشمل النفايـات المـشعة الـصلبة الناتجـة عـن اسـتخدامات المـواد المـشعة منتجات ومواد ومعدات مختلفة ومتنوعة تلوثت أثناء استخدامها بـالمواد المـشعة

ولا تصلح للاستعمال مرة أخرى.

6 - 3-النفايات الصلبة المشعة تتكون من المواد المعدنية الناتجة أثناء التعامل مع المعادن في أعمال الصيانة ،المرشحات والتجهيزات ، المعدات والأنابيب التي لا يمكن إزالة تلوثها ، وسائل الوقاية الفردية الكفوف ، واقيات الأحذية وما شابهها ،الأواني المختبرية ،المواد البلاستيكية ، الورق والكرتون ،الأخشاب ومواد البناء بجميع أنواعها، و الأصماغ المستخدمة في عمليات التبادل الأيوني.

6 -4- تخضع النفايات المشعة الصلبة بشكل عام قبل البدء بمعالجتها إلى الفرز والتصنيف ، معدل الجرعة على السطح الخارجي للحاويات التي تحتوي على نفايات للتخلص منها أو حرقها يجب ألا تكون أكثر من 5 μ Sv/h وبالنسبة للتلوث الخارجي غير الثابت، ويكون أقصى نشاط إشعاعي 4 Bq/cm^2 ،اما لبواعث ألفا والتي نصف عمرها اكبر من 10 أيام فيكون أقصى نشاط اشعاعي مساويا .Bq/cm^2 0.40

6 -5- تحفظ النفايات الصلبة الحاوية علي النيوكليدات المشعة ذات نصف العمر الذي لا يزيد على 15 يوماً لفترة يصبح فيها النشاط الإشعاعي ضمن القيم التي يسمح عندها بطرحها كنفايات اعتيادية. بحيث أن لا تزيد قراءات أجهزة قياس أشعة جاما في منطقة الطرح عن الخلفية الإشعاعية الطبيعية للبيئة المحيطة إلا بمقدار لا يتجاوز1 μSv / h.

6 -6 - تزود السلطة الرقابية بالمعلومات التفصيلية عن النفايات معاملة النفايات المشعة والمتضمنة النشاط الإشعاعي وحجم الملوثات وعمر النصف معلومات الأرصاد الجوية وهي سرعة واتجاه الريح ، استقرارية الجو والارتكاس inversion . من أهم طرق معالجة النفايات المشعة الصلبة

التقطيع والطحن

6 -7 - يكون التعامل مع الأشياء كبيرة الحجم المستهلكة والمصنفة كنفايات

مشعة صلبة بقصد التخلص منها بإجراء تفكيكها وتقطيعها لتصغير حجمها وتسهيل عملية تغليفها أو كبسها أو نقلها أو تخزينها أو دفنها، ويدخل في هذه المجموعة الخزانات والصهاريج وأعمدة التبادل الايوني والمضخات والأفران ومنظومات التهوية الملوثة وغيرها.

تجري عملية التفكيك والتقطيع في ورش خاصة مزودة بمعدات ميكانيكية مخصصة لهذا الغرض مثل القواطع والمناشير متعددة الأشكال وآلات الرفع والتقليب.

لتقطيع الأجسام المعدنية الكبيرة الحجم يستخدم لهب القطع (الأكسي - الاستيلين) أو الشرارة الكهربائية. تتحرر في أثناء استخدام اللهب كمية كبيرة من الجزيئات والأبخرة المحملة بالإشعاع التي تعتبر خطرة ومؤذية من وجهة نظر السلامة وإحداث الحرائق.

اما لتقطيع وتفكيك المواد الطويلة وذات المقطع العرضي الصغير فتستخدم المناشير المختلفة العادية. اما المناشير الدائرية فتستخدم للأماكن الضيقة والتي يكون الوصول إليها غير ممكنٍ.

الأجسام البلاستيكية والزجاجية الكبيرة يتم تقطيعها وطحنها ومن ثم وضعها في براميل تخزين بعد خلطها مع الإسمنت وتدفن النفايات المشعة.

يمكن إجراء عملية التقطيع والتفكيك من أجل بعض المعدات الكبيرة في مكان وجودها ولكن يتطلب ذلك ارتداء وسائل وقاية فردية. تجهز حجرة التقطيع بمجموعة تهوية مزودة بمرشحات لتنقية الهواء, ويفضل استخدام أجهزة للشفط الموضعية وسحب البرادة والقطع المفتتة الصغيرة المتشكلة أثناء عملية التقطيع

معاملة النفايات الصلبة بالكبس :

6 - 8 - لغرض تسهيل التعامل مع النفايات المشعة في عمليات النقل والتخزين والطمر يجب تقليل حجم النفايات المشعة ووضعها في حاويات خاصة بذلك من

خلال الكبس باستخدام مكابس هيدروليكية كتلتها عند تسلط الضغط يعادل قوة 30-150 طن، تتعلق مقاييس قرص الكبس بأبعاد حاوية النفايات.تعد طريقة الكبس أكثر الطرائق اقتصاديةً حيث تسمح بتقليص الحجم بحدود 3-10 مرات.

يترافق مع عملية الكبس تطاير تيار هوائي ملوث بالغبار بنوكليدات مشعة لهذا يجب أن تكون معدات الكبس مصممة بحيث يتم إغلاقها بإحكام ومزودة بنظام يسحب الهواء عبر مرشحات لامدصاص الدقائق المشعة قبيل انطلاقه إلى الجو وخاصة عند إجراء معالجة المعدات الملوثة ببواعث جسيمات ألفا والنظائر ذات السمية الإشعاعية مثل اليورانيوم والبلوتونيوم أو اليود المشع .

6 – 9 - أظهرت التجارب في مجالات كبس النفايات أن أقل حجم يمكن الوصول إليه للمواد المصنعة من البولي ايثيلين هو استخدام المكبس يسلط ضغط يعادل 80 ضغط جوي أما بالنسبة للمواد المطاطية والقطنية فيكفي 50 ضغط جو، في حين أن القطع المعدنية تكبس بضغط قدره 110 ضغط جو. ويسمح بشكل عام باستخدام ضغوط عالية إذا كانت عملية الكبس تجري مباشرة ضمن الحاويات التي ستستعمل للدفن والتخزين النهائي.

6 - 10 - يمكن كبس النفايات المشعة الصلبة إذا كانت مكافئ الجرعة لا تزيد على 0.5 mSv/h على مسافة 10 سم من سطح الحاوية و يمكن أن يسمح بكبس عبوات ذات مكافئ جرعة أكبر بالاتفاق مع السلطة الرقابية.

حرق النفايات المشعة الصلبة.Incineration

6 – 11 - تفضل عملية الحرق في معاملة النفايات المشعة الصلبة الناتجة عن استخدامات النظائر المشعة في التطبيقات المختلفة والتي تكون قابلة للاحتراق ، وبقايا الحيوانات المختبرية ولا يفضل معاملة القناني الزجاجية المغلقة بهذه الطريقة لاحتمال انفجارها وتلوث الزجاج عند الصهر .

6 - 12 - قبل البدء بعملية الحرق يجب فرز النفايات بحيث تعزل المواد الباعثة

للغازات السامة أثناء حرقها والمواد القابلة للانفجار وتستبعد المواد التي تطلق الغازات المسببة لتآكل المواد المصنوعة منها أفران الحرق وملحقاتها. تجمع المواد المتشابهة بعد الفرز في أكياس من النايلون وتغلق بإحكام .

6 - 13 - تتميز عملية الحرق بأنها تخفض حجم النفايات بحدود 50-100 مرة وتخفض كتلتها بنحو 10-20 مرة. ولكنها أعلى كلفة وأكثر تعقيدا ومع ذلك فإنها حازت على كثير من الاهتمام على المستوى العالمي .لأنها تخفض حجم النفايات مما يخفض من تكاليف دفنها حيث أن الرماد الناتج يحتوي علي أكثر من 90% من النظائر المشعة في حجم صغير نسبيا ويخلط الرماد مع الإسمنت.

6 – 14 -يجب وقبل البدء بعملية الحرق الأخذ بالحسبان الحالة الفيزيائية للمواد من حيث كثافتها ورطوبتها وتركيبها الكيميائي.

6 - 15 -تجهز أفران الحرق بنظام خاص لتجميع الدخان والغازات المنطلقة والمعلقات وتمررها على مرشحات في مدخنة مناسبة وحواجز تعمل على حجز المواد المنطلقة لينطلق في النهاية الهواء والأبخرة النظيفة من المواد المشعة والغازات الضارة.

6 – 16 - يمكن استخدام طريقة الحرق لمعالجة بعض النفايات السائلة المشعة ذات المنشأ العضوي (زيوت - نفط....) حيث تتشكل نتيجة احتراقها بقايا صلبة أو رماد.

6 – 17 - بعد الانتهاء من الحرق يتم جمع الرماد المتبقي و يمزج مع الإسمنت أو القار في عبوات (براميل سعة 200 لتر) وينقل إلى أماكن الخزن والدفن تستخدم طريقة الحرق للنفايات القابلة للاحتراق التي يكون نشاطها الإشعاعي النوعي بالنسبة لبواعث جسيمات بيتا لا يزيد على 370 Bq/kg وبالنسبة لبواعث جسيمات ألفا 0.37 MBq/kg .

معاملة النفايات المشعة السائلة

6 – 18 - كما في معاملة النفايات الصلبة فان النفايات السائلة بعد جمعها ووضعها في أواني جمع خاصة يجب فرزها ما أمكن حسب أعمار النصف المتقاربة كل على حدة وتوضع في أماكن مخصصة للخزن المؤقت بانتظار معاملتها.

6 – 19 - يتم تخفيف النفايات المشعة السائلة ذات النشاط الإشعاعي العالي في أماكن تكونها أو في محطة المعاملة بهدف تخفيض النشاط إلى القيم التي يسمح بالتعامل الآمن معها.

6 – 20 - يجري خزن السوائل الحاوية على نظائر مشعة قصيرة العمر بهدف انتظار انحلالها واضمحلالها لفترة كافية تسمح بعدها بتصريفها إلى شبكة المجاري العامة، بعد أن يصل تركيز المواد المشعة إلى الحدود المسموح بها.

6 – 21 - اقترحت بعض الهيئات الدولية للوقاية من الإشعاع بأن المحاليل الملوثة بالمواد المشعة يكمن طرحها للمجاري العامة إذا كان النشاط الإشعاعي لكل نويدة لا يتجاوز 20 مرة من معدل الأخذ السنوي للابتلاع لتلك النويدة (Annual Limit on Intake by Ingestion) والذي أوصت بة الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع ICRP.

6 – 22- السوائل الحاوية على نظائر مشعة طويلة العمر فيتم اختيار الطريقة الملائمة لمعالجتها حسب تركيبها الكيميائي وتركيز الأملاح فيها. فعندما يكون تركيز الأملاح كبيراً يفضل إجراء المعاملة باستخدام طريقة التبخير، وتستخدم طريقة التبادل الأيوني من أجل السوائل المشعة غير المالحة.

ومن أهم طرق معاملة السوائل الملوثة :

الترسيب الكيميائي:

6 – 23- تعتبر طريقة الترسيب الكيميائي أكثر الطرق استخداماً بالنسبة

للسوائل المشعة الناتجة من مراكز البحث العلمي ومراكز الأبحاث النووية الصغيرة. تلائم هذه الطريقة الكميات القليلة من النفايات السائلة وعندما لا يتطلب الأمر الفصل الكامل للنظائر المشعة ، إذ يمكن لهذه الطريقة ترسيب نحو 90% من المواد المشعة الموجودة في السائل، كما يمكن ترسيب بعض النظائر المعينة بشكل شبه كامل بإضافة مواد معينة.

6 – 24- تعتمد المعاملة بالترسيب الكيميائي على عمليات فيزيائية كيميائية تجري ضمن السائل بعد إضافة بعض العوامل الكيميائية التي تعمل على تخثير او ترسيب (Coagulation) ، تلبيد (flocculation) وفصل الملوثات (Separation).

6 – 25- تستخدم أملاح الألمونيوم والحديد والكلس كمواد ترسيب ، كما تستخدم مواد خاصة من أجل سحب بعض النظائر المحددة من السائل مثل فروسيانيد النحاس أو النيكل من أجل ترسيب نظير السيزيوم من السائل.

6 – 26- تؤثر على فعالية عملية الترسيب الكيميائي عوامل الحرارة ودرجة الحموضة pH وكمية الأملاح اللاعضوية.

6 – 27- ينتج عن عملية الترسيب كمية من الرواسب أو الوحل Sludge والتي تحتوي على أكبر كمية من النظائر المشعة المسحوبة من السائل ، تؤخذ هذه الرواسب وتمزج مع الإسمنت من أجل تصليبها.

طريقة التبادل الايوني Ion exchange

6 – 28- استخدمت تقانة التبادل الأيوني في تنقية المياه وفي مجالات أخرى ، وتستخدم حاليا في الصناعة النووية في عملية استخلاص النيوكليدات المشعة من النفايات السائلة .

6 – 29- تتمثل عملية تبادل الأيونات بين السائل الملوث والمادة الصلبة (الأيونيت) .بعد إشباع الأيونيت بالأيونات يفصل الأيونيت المشبع عن نظام

المعاملة ويستبدل بآخر جديد أو يمكن إعادة تنشيطه وذلك بغسله بواسطة الأحماض أو القلويات، يحتوي المحلول الناتج عن عملية التنشيط على كمية كبيرة من المواد المشعة التي تعالج وتصلب بالإسمنت بعد معالجتها بالتبخير أو بالترسيب الكيميائي ، كما أنه هناك أسلوب آخر لا يتطلب إعادة تنشيط الأيونيت المشبع بل يؤخذ المبادل الأيوني نفسه ويمزج مع مادة صلبة باعتباره نفايات مشعة صلبة.

6 – 30 - تستخدم طريقة التبادل الأيوني لمعاملة مياه تبريد قلب المفاعلات ومياه حوض تخزين الوقود المستهلك وبعض النفايات السائلة غير المالحة الناتجة عن مراكز البحوث.

6 – 31- يستخدم في الوقت الحاضر لمعاملة النفايات السائلة أنواع مختلفة من المبادلات الأيونية وتصنف غالبيتها ضمن مجموعتين:

1- مبادلات أيونية غير عضوية.

2- مبادلات أيونية عضوية.

تتراوح قيم معامل إزالة التلوث عند استخدام المبادلات الأيونية بين 10 - 10^7 ، والتي تعتمد على نوع المبادل الأيوني المستخدم وطريقة اختياره وانتقائيته للذرات المشعة.

6 – 32- عند معاملة النفايات السائلة باستخدام المبادلات يجب مراعاة ما يلي:

أ- أن لا يتعدى محتوي الجسيمات الصلبة التي تكون بشكل معلق 4 mg/L لأن المعلقات تغطي سطح المبادل الأيوني مما يقلل من فاعلية المبادل ويؤدي بالنتيجة إلى صعوبة مرور السائل عبر المبادل الأيوني.

ب - لا يزيد مستوي أو نسبة الأملاح على1 gm/L حيث أن ازدياد نسبة الأملاح يؤدي إلى حدوث الإشباع السريع للمبادلات الأيونية غير المشعة.

ت- وجود الذرات المشعة في حالة الأيونية.

ث - ان تحافظ المبادلات الأيونية على خواصها بدرجة حرارة السائل المعالج.

ج- أن تكون النفايات السائلة ذات نشاط إشعاعي منخفض أو متوسط .

المعاملة بطريقة التبخير:

6 –33- تستخدم طريقة التبخير لمعاملة النفايات السائلة المشعة الحاوية على تراكيز عالية من الأملاح وتتميز بأنها تعطي معامل إزالة تلوث عالي وكمية قليلة من المركز الحاوي على الكمية العظمى من النوكليدات المشعة.

6 – 34- تكون طريقة التبخير أكثر فعالية عند معاملة النفايات السائلة الحاوية على كمية كبيرة من الأملاح وتكون إزالة التلوث عالية القيمة والكمية المتبقية (المركزات) قليلة الحجم بعد عملية التبخير وانفصال المياه بحالة بخار، وتبقى في المركزات العوامل غير الطيارة والأملاح الحاوية علي كميات كبيرة من الذرات المشعة ، وبما أن قيمة ثابت إزالة التلوث عالية لدى استخدام عملية التبخير، لذا ينصح باستخدامها لمعاملة النفايات السائلة ذات النشاط الإشعاعي المتوسط .وبالرغم من أن ثابت إزالة التلوث كبير لكنها لا تعطي الثقة المطلقة لاستخدامها وبالأخص في حالة الصناعات الكيميائية لوجود عدة مشاكل تعترض هذه الطريقة نذكر منها مشكلة التآكل ومشكلة تشكل الرغوة التي تحد من استخدام هذه الطريقة وبشكل عام تعد التكلفة المادية لهذه الطريقة العامل الأكثر فعالية في الحد من إمكانية استخدام أي طريقة كانت لمعاملة النفايات السائلة وكذلك فترة الخدمة التي تؤديها هذه المحطة.

6 – 35- لتلافي مشكلة التآكل وتشكل الرغوة تستخدم بالإجراءات التالية:

أ- الترشيح بهدف فصل الجسيمات الصلبة.

ب - تعديل الحامضية pH للحد من التآكل.

ت - فصل المواد العضوية للحد من تشكل الرغوة.

6 – 36- تصل قيمة معامل إزالة التلوث عند استخدام طريقة التبخير إلى 410 أما بالنسبة إلى معامل تنقيص الحجم فهذا يتعلق بتركيز وبخواص الأملاح المنحلة في السائل.

6 – 37- يجب أن تلبي الآلات و المعدات التكنولوجية المستخدمة لمعاملة النفايات المشعة المتطلبات التالية:

أ- المكبس: يجب أن يكون آمن الاستخدام ومحكم الإغلاق ومجهز بدائرة تهوية تحتوي على مرشحات خاصة .

ب - وحدة التصليب بالإسمنت: يجب أن لا تتطاير المواد المشعة أثناء عملية الخلط وأن تعطي تجانس جيد للخليط.

ت - وحدة المعاملة الكيميائية: يجب أن تكون كتيمة ولا يحدث تسرب أثناء عملية المعاملة.

6 – 38- تزود صالات المعاملة بالمعدات الضرورية اللازمة لخلق شروط عمل آمنة أثناء التعامل مع المواد المشعة مثل التهوية و وسائط الحماية من الجرعات العالية ومخارج الطوارئ .

6 – 39- الطرق التكنولوجية الحديثة لمعاملة النفايات المشعة الصلبة والسائلة

تطبق الآن طرق حديثة لمعاملة النفايات المشعة ذات النشاط العالي وعمر النصف الطويل اهمها :

1 - التزجيج (Verification):

التزجيج هو عملية ارتباط الملوثات داخل نسيج من الزجاج لغرض الخزن الطويل الأمد وهذه الطريقة تجعل الملوثات ثابتة كيماويا بحيث لا تتفاعل أو

تنحل بمرور الزمن.تمزج الملوثات بمركبات الـسكر ثـم تلبـد (Calcinated) باسـتخدام الحـرارة العاليـة فيتبخر السائل وتتحول كتلة النفايات الى منصهر زجـاجي تتخللـه النظـائر المـشعة .يـصب المنـصهر في اسطوانات من الحديد المقاوم للصدأ تبرد فيتحول الى كتلة زجاجية صلبة تقاوم كل التغيرات.

2- تدوير النفايات المشعة:

تعتبر عملية تدوير النفايات مـن الطـرق المهمـة لمعاملـة النفايـات المـشعة والاسـتفادة مـن الملوثـات كمصادر للإشعاع كما في حالة استخلاص السيزيوم -237 والسترونتيوم - 90 من بقايا نـواتج الانـشطار، أو الاستفادة من المصادر المشعة الصناعية أو الطبية الناضبة في تطبيقات اشعاعية أخرى.

3- التحويل النووي (Transmutation)

البحوث في الوقت الحاضر تسعى لتصميم نوع من المفاعلات تحول النفايات المشعة الخطرة إلى نوع آخر من النفايات ذات الخطر الأقل مثل مفاعلات التوليد السريعة والتي تقـوم بتحويـل اليورانيـوم الى نظائر ما بعد اليورانيوم (Transuranic) الباعثة لجسيمات ألفا أقل ضرراً . وفي أمريكا أوقف المـشروع عام 1977 من قبل الـرئيس الأمـريكي كـارتر بـسبب التـسابق لتوليـد البلوتونيـوم .ثـم عيـد العمـل في المشروع في عهد الرئيس الامريكي ريغان عام 1981 لكـن الـصعوبات والكلـف الاقتـصادية حالـت دون الاستمرار في المشروع .

4 - تصنيع الصخور المعدنية (Synroc) Synthetics Rock

من أكثر الطرق الحديثة تقدما في معاملـة النفايـات المـشعة اكتـشفها العـالم الاسـترالي Ring wood في جامعة استراليا الوطنية. تعتمد هذه الطريقة على تصنيع مواد سـيراميكية تحتـوي على نوع من المعادن مثل البـايروكلور Pyrochlore والكرايبتـوملين Cryptomelane هـذه الصخور تكون مفيدة لمعاملـة الـسوائل الملوثـة ذات النـشاط الاشـعاعي العـالي الناتجـة عـن

مفاعلات الماء الخفيف .تتكون هذه الصخور من Hollandite, ($BaAl_2Ti_6O_{16}$) والتي تستخدم لمعاملة السيزيوم ،البوتاسيوم المشعة. أما صخور معادن Zirconolite ($CaZrTi_2O_7$) ومعدن Perovskite ($CaTiO_3$) فتكون جيدة لمعاملة المواد المشعة الملوثة بالاكتينات ذات النشاط الاشعاعي العالي وعمر النصف الطويلة مثل البلوتونيوم. ومعاملة كل من السترونتيوم والباريوم بواسطة معدن . Perovskite

5- الطرح الجيولوجي Geological disposal

يمكن لبعض الدول اختيار مستودعات عميقة في بطن الأرض تكونت جيولوجيا بمرور الزمن وتمتاز بصلادة أرضها وتستخدم للتخلص الدائم من النفايات ذات النشاط الاشعاعي العالي والوقود المحترق الذي يراد إعادة معاملته. يتوقع أن تبدأ هذه الطريقة في بعض الدول المتقدمة عام 2010 ولكنها تلقى معارضة شعبية .

6 - الطرح إلى الفضاء الخارجي Space disposal

من التطبيقات الواعدة للتخلص من المواد المشعة ذات النشاط الاشعاعي العالي بشكل نائي وتخليص البيئة منها هو نقلها إلى الفضاء ومن الناحية التقنية فيمكن تحقيق هذا الخيار.من مساوئ هذه الطريقة الكلفة العالية واحتمال فشل إطلاق الباخرة الفضائية والذي يصل احتماله الى 1% .وكذلك الحاجة لعدد كبير من الرحلات الفضائية والتي من الصعوبة تحقيقها لنقل الملوثات ذات النشاط الاشعاعي العالي ، وقد يكون اقتراح وجود محطة فضائية خاصة كبيرة ثابتة كمخزن دائم لخزن النفايات التي تنقل لها من سطح الارض، ويمكن استخدم أشعة الليزر ذات القدرة العالية لغرض ارساء الحاويات الملوثة في المحطة .لا يوجد حتى الآن اتفاق عالمي على هذه المعاملة.

7 - الطرح بالتغطية بالجليد Ice Sheet Disposal

طرح الوقود المحترق في طبقة من الثلج قد اقترحت من مجموعة من الباحثين ويمكن أن تكون ذات جدوى. تتلخص الفكرة بوضع الملوثات المشعة في محيط خالي من الاحياء المجهرية . يمكنه تحقيق الهدف في القطب المتجمد في منطقة انتراكتك ولكن طول المسافة للنقل وعدم وجود معاهدة دولية حالت دون تنفيذ ذلك .

8 - الطرح إلى أعماق المحيطات Seabed Disposal

يمكن عمليا طرح الوقود المحترق في قاع المحيطات أو تحت القاع بعيداً عن المياه الإقليمية التي يجب أن تكون مستقرة جيولوجيا وبعيدة عن السكان ولا تحتوي على ثروات معدنية وبيولوجية. تمت دراسة هذا الموضوع منذ 10 سنوات وقد أوضح العلماء بأن هذا الخيار من الخيارات الجيدة الأمينة اذا استبعدت حوادث نقل الحاويات.كلفة هذه الطريقة غير كبيرة ومقاربة لكلف الطرح الآخرى

6 – 40- التخلص من المصادر المشعة المغلقة المستهلكة

توجد خيارات عدة للتخلص من المصادر المشعة المستهلكة تعتمد هذه الخيارات على عدة عوامل منها النشاط الاشعاعي للمصدر ونوعه ، إضافة إلى الحالة الفيزيائية والميكانيكية للمنبع وحاويته. من أهم الخيارات:

1 - استخدام المصدر المستهلك في تطبيقات أخرى.

بعد فترة من الزمن ينحل المصدر المشع، وعندما يصبح نشاطه الإشعاعي غير كافيا فيمكن استخدام المصدر المشع ذي النشاط الاشعاعي المنخفض في تطبيقات أخرى ملائمة للنشاط الاشعاعي الجديد. وينطبق ذلك بوجه خاص على 60Co و ^{137}Cs المعروفة بنشاطها الاشعاعي العالي.هذا الخيار يكون اقتصاديا اذا تم في نفس البلد لأنه يوفر على المالك الأول تكاليف اعادتها أو تسليمها من

أجل التخلص، ويستفيد المالك الجديد بعدم صرف المال لغرض شرائها وكذلك يستفاد البلـد بتخفـيض عدد المصادر المطلوب التخلص منها.

يفضل أن تقوم السلطة الرقابية المشرفة على حركة المواد المشعة بإنشاء قاعدة معلومـات بمتطلبـات المـستثمرين مـن المـصادر المـشعة. لغـرض وضـع خطـة أو برنـامج خـاص يـساعد اسـتخدامه جميـع المؤسسات المتعاملة أو المستفيدة من المصادر المشعة، لغـرض شراء واسـتثمار والـتخلص مـن المـصادر المشعة المغلقة.كذلك تقوم السلطة الرقابية بمراقبة تنفيذ الاجراءات الادارية و حركة المـصادر المـشعة بين المستفيدين .

2 - إعادة المصدر المشع إلى الشركة المصنعة:-

تعتبر عملية إعادة المصادر المشعة الى الـشركة المـصنعة أحـد الخيـارات المتاحـة للـتخلص الآمـن مـن المصادر المشعة المستهلكة. تقوم المؤسسة المستثمرة للمصادر المشعة أثنـاء شراء المـصدر بـإبرام عقـد مع الشركة المصنعة باستلام المصدر بعد انتهاء عمره التشغيلي. توفر عملية إعادة المـصادر المـشعة الى الشركة المصنعة مردود جيد من الناحية الاقتصادية لأنها تعفي المالك من تكاليف التخـزين والتـدريع والتخلص منه وهذه العملية تقلل من انتاج مواد مشعة اضافية من أجل الاستخدامات المختلفة. كـل ما يقوم به المالك اعداد وتغليف المصدر المشع المزمـع إعادتـه الى الـشركة المـصنعة باسـتخدام نفـس الحاوية التي ورد فيها أو يتعاقد مع بعض الـشركات المتخصـصة بنقـل المـواد المـشعة لتـوفير الاعـداد والتغليف المناسبين للشحن، لكي يشحن شحناً مأمونا حسب قواعد النقل الآمن للمـصادر المـشعة أمـا عندما لا تتوفر الحاوية يجري الاتصال بالشركة المصنعة لتوفير الحاوية.

6 – 41- تقوم بعض الشركات التي يتطلب عملها استخدام مـصادر مـشعة مغلقـة في بعض التطبيقات، باستئجار مـصادر مـشعة مـدة مـن الـزمن عـن طريـق عقـد

يبرم بين المستثمر ومالك المصدر المشع. يكون نـشاط المـصادر المـستأجرة كبـيرا وعمـر النـصف طويـل نسبياً. على أن يتضمن هـذا العقـد وجـود تجهيـزات ووسـائط خاصـة بنقـل وتحريـك المـصدر المـشع يستخدمها المستثمر لتجهيز المصادر المشعة من أجل اعادته الى المالك.

6 – 42- تحضير وتهيئة المصدر المشع ذى النشاط الاشعاعي العالي نسبيا الذي يمكن أن يصل إلى قـيم اكبر من عـشرات التـيرا بيكريـل (TBq) لغـرض نقلـه أو خزنـه مؤقتـاً، يتـضمن وضـع المـصدر المـشع المستهلك ضمن حاجز وقائي يصنع في الغالب من الإسمنت يصب داخل حاوية (برميل) معدنية.

6 – 43- لا تتطلب عملية تحضير وتهيئة المصدر المشع معدات متطورة للقيـام بهـا حيـث ان جميـع تجهيزاتها وموادهـا متـوفرة وبكـثرة وبأسـعار رخيـصة وتعطـي في النهايـة شـكلا آمنـا ومقبـولاً يـؤمن الاستقرار والأمان لفترة زمنية طويلة خلال مدة الحفظ المؤقت وأثناء عمليات النقل. قد تكـون معـدل الجرعة السطحية على سطح الحاوية كبيرا ولغـرض تخفيـضها إلى مـستويات تـضمن سـلامة العـاملين المتواجدين بالقرب منها تستخدم وسائل تدريع إضافية بشكل شرائح رصاصية أو قطـع مـن التنكـستن تطوى حول المصدر المشع .

6 –44- لا تقتصر عملية التحضير على المصادر ذات النشاط الاشعاعي العالي نسبيا بل جميع المـصادر ذات النشاط الاشعاعي الذي يزيد عن معايير الاستثناء.

6 – 45- تحضير ومعاملة المصادر المشعة المستهلكة ذات النشاط الاشعاعي العالي مثل المصادر المشعة المستخدمة للتعقيم والتشعيع الغذائي فيتطلب توفر منشآت خاصة لهذا العمـل وفي حالـة عـدم تـوفر هذه المنشآت ، فيتم تخزين هذه المصادر ضمن حاويات في آبار داخل مخازن مدرعة.

6 – 46- المـــصادر المـــشعة المغلقـــة ذات عمـــر النـــصف القـــصير والتـــي سيـــصل

نشاطها الاشعاعي خلال مدة سنة إلى حدود الاستثناء فليس هناك أي حاجة لبذل جهود كبير من أجل التخلص منها إذ يتم تخزينها في مخازن خاصة لمدة ملائمة لغرض انحلالها اشعاعيا بعدها يتم التعامل معها كمصادر مستثناة.

6 – 47- عند وجود مصادر مشعة قديمة وليس لها نشاط إشعاعي معلوم مثل مصادر العلاج أو المصادر الصناعية المستهلكة بوضع المصدر في حاوية مدرعة وينقل إلى أماكن التخزين.

الفصل السابع

الوقاية من الإشعاع والسياقات الادارية

في مخازن أو محطات معاملة النفايات المشعة

7 -1- لا يجوز تواجد العاملين بدون وسائل وقاية فردية في محطة معاملة و تخزين النفايات المشعة و لا يجوز كذلك دخول الأشخاص غير العاملين في المحطة إلى صالات المعاملة ومستودع تخزين النفايات إلا بتصريح خطي من ضابط الوقاية من الإشعاع.

7 -2 - لا يجوز تناول المواد الغذائية والتدخين ومواد التجميل في أماكن وجود النفايات المشعة بجميع أشكالها.

7 -3- تقوم مجموعة متخصصة في الوقاية الإشعاعية وبشكل دوري عملية مسح إشعاعي لمخازن النفايات المشعة أو لمحطة المعاملة لتلبية متطلبات الأمان الإشعاعي للتعامل مع النفايات المشعة وقواعد النقل الآمن للمواد المشعة أثناء إجراء جميع الأعمال المرتبطة باستلام ونقل ومعاملة وتخزين النفايات المشعة وكذلك عمليات إزالة التلوث لمواقع العمل ووسائل النقل والحاويات.

يتم تحديد عناصر المجموعة و عددهم ودورية أعمال المراقبة الإشعاعية الواجب إجراءها من قبل مجموعة المسح بما يتناسب مع حجم الأعمال المناط بهم. تتضمن المراقبة الإشعاعية في مخازن النفايات المشعة أو محطة المعاملة ما يلي :

7- 4- قياس معدل مكافئ الجرعة لأشعة جاما والنيترونات وكثافة الفيض النيتروني في موقع العمل أو على سطح حاويات النفايات، باستخدام أجهزة قياس الجرعة الثابتة ويجب أن تكون مزودة بإشارات ضوئية وصوتية تعمل آلياً عند زيادة مكافئ الجرعة عن الحدود الموضوعة

7- **5**- قياس النشاط الإشعاعي لوحدة الحجم في الغازات والهواء الموجود في مخازن النفايات المشعة أو محطة المعاملة والهواء الحامل للمعلقات والمطروح إلى الخارج لغرض تقدير النشاط الإشعاعي الكلي المنطلق إلى البيئة

7- **6**- النشاط الإشعاعي الحجمي لمياه الصرف والتي تعطي معلومات كافية عن كمية المواد المشعة المنطلقة إلى البيئة المحيطة بعد المعاملة الكيميائية للنفايات المشعة السائلة. ويتم تسجيل كل الكميات المطروحة مع نشاطها الإشعاعي في وثائق خاصة بذلك.

7- 7- قياس معدلات التلوث السطحي لجميع مواقع العمل (أرض وجدران وسطوح المختبرات والمستودعات والتجهيزات والمعدات ووسائل النقل والطرقات المحيطة) بواسطة أجهزة قياس التلوث المحمولة و عن طريق أخذ المسحات بواسطة مرشحات نسيجية خاصة أو قطعة قماش ومن ثم يجري قياس تلوثها.

7- **8**- قياس تلوث وسائل الوقاية الفردية والألبسة الشخصية وجسم العاملين وأيديهم وألبستهم الخاصة ومناطق الجلد المكشوفة بواسطة أجهزة كشف ثابتة توضع مداخل مناطق العمل مع المواد المشعة المصدرة لألفا و بيتا بحيث لا يزيد مستوى التلوث الإشعاعي عن الحدود المسموح بها، و يجب ألا يبقى على سطح الجلد بعد الغسيل والمعاملة بالمواد المنظفة أكثر من 0.1 من الحدود المسموح بها.

7- **9**- قياس معدل التعرض الشخصي باستخدام جهاز قياس الجرعات (أقلام قياس جرعة ،أفلام ،أجهزة صغيرة). يتم كذلك قياس التلوث الداخلي لكامل الجسم للعاملين باستخدام عداد عموم الجسم.

7- **10**- يتم حساب الجرعات الداخلية و قياس تركيز محتوى النويدات المشعة في العاملين في المحطة وبشكل دوري(مرة في السنة على الأقل) وذلك عندما

يزيد معدل التركيز الشهري للنويدات المشعة في هواء صالات العمل عن عُشر التركيز المسموح به وعندما يزيد مستوى تلوث السطوح المختلفة عن عُشر الحد المسموح به. ويتم تسجيل وتوثيق الجرعات الفردية المأخوذة خلال فترات العمل السابقة.

7-11- تدار محطة المعاملة ومخازن النفايات من قبل لجنة مرخصة وتتم هذه العملية بشكل كامل تحت إشراف السلطة الرقابية الوطنية.

7 -12- توضع تعليمات خاصة في المنشآت التي تحتوي على النفايات المشعة توضح نظام الجمع والحفظ المؤقت للنفايات المشعة وكيفية نقلها إلى محطة المعاملة أو مستودع خزن النفايات ، ويجب أن تتناول هذه التعليمات المسائل التالية:

- تنظيم عملية جمع النفايات السائلة والصلبة مباشرة في مكان تشكلها .

- تنظيم عملية حساب كميات هذه النفايات وقواعد حفظها المؤقت .

- تنظيم عملية إزالة التلوث من الحاويات والصهاريج الخاصة بالمنشأة والمستخدمة للحفظ المؤقت للنفايات المشعة .

- شروط الخزن المؤقت للنفايات المشعة الحاوية على نيوكليدات مشعة قصيرة العمر وكيفية طرحها إلى الوسط المحيط .

- ترتيبات تحضير النفايات والمنابع المشعة المستهلكة من أجل خزنها .

- تنظيم المراقبة الإشعاعية أثناء التعامل مع النفايات المشعة .

- وضع خطة طوارئ في حال حدوث حادث إشعاعي واتخاذ الاحتياطات اللازمة للوقاية من الحريق أثناء جمع وحفظ النفايات المشعة القابلة للاحتراق .

7- 13- يجب أن تتضمن محطة المعاملة ومستودع خزن النفايات المشعة تعليمات تتعلق بالأمور التالية:

- حقوق وواجبات العاملين .

- الترتيبات الأولية لاستلام ونقل ومعاملة النفايات المشعة وإنجاز أعمال إزالة التلوث وتنظيف المعدات الملوثة وخزن النفايات المشعة .

- شروط تأمين الوقاية الإشعاعية في جميع مراحل العمل أثناء التعامل مع النفايات المشعة وإزالة التلوث للمعدات والحاويات ووسائط النقل .

- تنظيم المراقبة الإشعاعية في الأماكن ذات الخطر الإشعاعي والأماكن التي وقعت فيها حوادث إشعاعية .

7- **14**- يخضع العاملون في محطة المعاملة و مستودع خزن النفايات والذين يتعاملون مع جمع وخزن ونقل النفايات المشعة وعمليات إزالة التلوث إلى فحص طبي قبل شروعهم في العمل ويعاد الفحص سنويا ، وفي حال حدوث طارئ في صحة أحد العاملين ناجم عن التعامل مع الأشعة المؤينة ، ينقل هذا العامل إلى مكان آخر بحيث لا يسمح له بالتعامل مع الأشعة المؤينة.

ولا يسمح للنساء الحوامل بالعمل في محطة المعاملة أو مستودع خزن النفايات خلال فترة الحمل.

7- **15**- يتم استلام جميع أنواع النفايات المشعة والمصادر المشعة المستهلكة من المنشآت التي تتواجد فيها ضمن حاويات مدرعة خاصة تؤمن حماية العاملين من الأشعة أثناء عمليات التحميل والنقل والتنزيل والخزن. لكي يتم نقلها إلى محطة المعاملة أو مستودع خزن النفايات المشعة. تقوم إدارة المحطة أو مخزن النفايات المشعة بوضع تعليمات وإرشادات خاصة باستلام ونقل المنابع المشعة المستهلكة .

7- **16**- يتم استلام المواد القابلة للاشتعال أو القابلة للانفجار والملوثة بالنويدات المشعة تحت اشراف وموافقة إدارة الإطفاء والجهات المتخصصة بالمواد المتفجرة من المنشآت التي تتواجد فيها بعد تحويلها إلى شكل آمن قبل تحميلها ونقلها وتتم عملية إزالة الخطر

7- **17**- يجب مراعاة عدم تلوث السطوح الخارجية للحاويات والأواني العبوات

المستخدمة لجمع واستلام ونقل النفايات المشعة.

7- **18**- تقوم المنشآت التي تتواجد فيها النفايات المشعة بتجهيز الوثائق اللازمة والمتضمنة كافة المعلومات المتعلقة بالنفايات حيث يتم إرسال نسخة إلى المخازن أو محطة المعاملة مع الدفعة المشحونة وتحفظ نسخة لدى المنشأة .و يجب أن يطلع ممثل محطة معاملة النفايات على وثيقة شحن النفايات. يجب أن تكون جميع المعلومات مدونة حسب ما هو مطلوب وبشكل كامل وصحيح ومصدقة من قبل المسؤول عن تسليم النفايات ، يقوم ممثل المحطة بالتحقق من مطابقة الدفعة المعدة للشحن مع المعلومات الواردة في الوثيقة ، ولا يسمح بترحيل الحاويات والعبوات التي لم يرد ذكرها .

7- **19**- يجب أن تجرى عملية الكشف من قبل ممثل محطة المعاملة على كافة الحاويات توضع في سجلات مع الناقل مواصفات الحاويات المعدة للنقل والتي تتضمن ما يلي :

- كتلة الحاوية وحجمها أو العبوة .
- إحكام الإغلاق والمتانة الميكانيكية .
- السجلات واللاصقات الموجودة على العبوات والمتضمنة لكافة المعلومات المتعلقة بتركيبة النفايات المعبأة.
- شدة الجرعة على السطح الخارجي للحاويات وعلى مسافة متر من السطح الخارجي .
- توفر روافع وتجهيزات تحميل وتنزيل .

7- **20**- يتم تسجيل جميع البيانات الخاصة بالنفايات أثناء خزنها ويضمن عددها، حركتها داخل المخزن والمسح الاشعاعي جدول (7- 1 , 7- 2 , 7- 3) في سجل النفايات وعلى بطاقة البيانات الملصقة بشكل ثابت على الوعاء والتي يجب أن تحتوي على البيانات التالية :

أ- تاريخ بداية التجميع في الوعاء وتاريخ الامتلاء.

ب- اسم الجهة المنتجة للنفايات.

ج- مكونات النفايات.

د- المحتوى من النويدات المشعة

هـ- معدل الجرعة المكافئة على السطح الخارجي للوعاء.

7- **21**- لغرض توثيق عملية النقل يجب ان تتوفر السجلات من أجل إعطاء صورة واضحة للسلطة الرقابية تتضمن هذه السجلات استخدام النويدات المشعة المراد خزنها أو طرحها وأن يحدد مقدار نشاطها الإشعاعي ، والطبيعة الفيزياوية للمواد المراد تصريفها ، وتاريخ التخلص وطريقة التخلص منها ، بالإضافة إلى أي تفاصيل أخرى تحددها السلطة الرقابية حسب تقديرها ، ويجوز للسلطة الرقابية التفتيش والتدقيق لمحتويات هذه السجلات.

جدول ((7- 1)سجل خزن النفايات المشعة لغرض أللانحلال والطرح

رقم الحاوية	تاريخ فتحها	تاريخ إغلاقها والتخزين	أطول نصف للمواد المشعة	تاريخ إتلافها	مكافئ الجرعة على سطح الحاوية μ Sv / h
1					
2					
3					
4					
5					

ملاحظة :

يجب تخزين المخلفات الإشعاعية لفترة تعادل عشرة أمثال أطول عمر نصف مادة ويجب قياس شدة التعرض على سطح الحاوية .

قبل إتلاف الحاوية في القمامة يجب إجراء قياس لمقدار التعرض على سطح الحاوية ويجب أن يكون قريباً جداً من الأشعة الخلفية في الموقع .

السيطرة الإدارية والتوثيق :

7- 22- لغرض السيطرة الإدارية يسمى شخص مدرب جيداً في الأمان الإشعاعي على المصادر المستهلكة ذات النشاط الإشعاعي العالي في موقع الخزن المؤقت وتوضع خطة مكتوبة للسيطرة الإدارية وتتضمن ما يلي :

جدول ((7- 2) سجل جرد الصادر المشعة في المخزن

اسم المالك أو الشركة					
الشركة المصنعة	الموديل	الرقم التسلسلي	اسم النظير المشع	النشاط الإشعاعي	ملاحظات

الاسم والتوقيع: التاريخ:

جدول ((7- 3)سجل المسح الإشعاعي في مناطق خزن ألمواد المشعة

اسم المالك أو الشركة									
مستوى مكافئ الجرعة µ Sv / h								**نوع ورقم جهاز الكشف**	**اسم القائم بالمسح**
	الموقع								
التاريخ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**		

- اختبار منظومة الأمان في موقع الخزن .
- أي اختبار مطلوب للتأكد من أمان حامل المصدر المشع .
- اختبار المسحات ، المسح الإشعاعي ، واختبار عمل أجهزة الكشف

الإشعاعي .

- التأكد من أن جميع العلامات والملصقات موجودة ويمكن الاعتماد عليها
- التأكد من أن جميع الأشخاص الداخلين إلي المخزن المؤقت مدربين جيداً ومرخصين إشعاعيا .
- تأخذ جميع المتطلبات لتقليل فترة الخزن المؤقت .
- لا يحصل أي تغير في الواجبات عند تغير الأشخاص أو مالك الموقع .

7- **23**- جميع الوثائق الرسمية العائدة للمصدر والجهاز يجب أن تنقل مع الجهاز إلي مخزن آمن والذي تتم السيطرة عليه من قبل شخص مرخص ومسمى من قيل الإدارة.

ويجب أن تضمن الوثائق ما يلي :

(1) شهادة منشأ المصدر وجميع المعلومات الخاصة به .

(2) الخطوات المتبعة للتعامل مع المصدر مثل وضع أو اخراج المصدر في الحاوية وتوضيح الطريقة الملائمة للنقل .

(3) الأشكال التوضيحية وأي معلومات تقنية حول المصدر .

7- **24**- من المصادر المستخدمة في التطبيقات الصناعية والطبية هو Ir^{192} والذي يمتاز بأن نصف العمر له قصير (74 يوم) لذلك بفضل خزنه مؤقتا لكي ينحل إشعاعيا .

7- **25**- فترة الانحلال الإشعاعي في الخزن تعتمد على مجموعة من العوامل منها النشاط الإشعاعي للمصدر، مستوي النشاط الإشعاعي المقبول بغرض التخلص من المصدر، و تاريخ التشعيع لمادة المصدر. وعند خزن هذا المصدر مؤقتا فإن ميكانيكية الأمان التي تمنع سقوط المصدر من حاويته يجب أن تختبر دائما وأن المغلاق يكون في وضع الغلق .

7- **26**- المسح الإشعاعي الدوري لضمان عدم وجود تلوث إشعاعي أو مستوي

إشعاعي غير اعتيادي .

7- **27**- يخزن الجهاز قريباً من أجهزة التصوير الإشعاعي المشابهة والمستخدمة في الفحص . المكان الذي توضح فيه هذه المصادر تثبت عليها شريحتين من البلاستيك تحتوي على معلومات تفصيلية عن الجهاز وتوضح بأن الجهاز في حالة خزن مؤقت وأن لا يحرك من مكانه . ويكون المخزن مقفلاً ولا يتم الدخول إلا للأشخاص المخولين.

ضمان الجودة في إدارة المصادر المشعة:

7- **29**- برنامج ضمان الجودة يتضمن سياقات الأمان المنهجية في إدارة المصادر المشعة والتي تشمل التصاميم الجيدة ، التصنيع المتقن، والاختبارات والتي تؤدي في النهاية الى الحصول على منتج جيدة وبمواصفات عالية وعلى درجة كبيرة من الأمان.

7- **30**- تتطلب سياقات ضمان الجودة مجموعة واسعة من المعلومات والبيانات المحددة لمواصفات الطرود والحاويات المستخدمة من أجل نقل وتخزين المصادر المشعة.هذه المعلومات يجب أن تكون مرافقة لكل حاوية أو طرد يتم نقلها إلى مواقع التخزين أو الاستخدام.

7- **31**- تجمع هذه البيانات و المعلومات خلال جميع مراحل إدارة المصادر المشعة وتحفظ في ملفات أو ضمن قاعدة معلومات تنصب على الحاسب إلى حين الانتهاء ونقل هذه المصادر إلى مواقع التسليم أو التخلص النهائي. يجب أن تكون المعلومات المجموعة والمخزنة معبرة بشكل واضح لا يقبل اللبس ومحققة للمعايير المقبولة والموضوعة من قبل السلطة الرقابية و توصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

7- **32**- يراعى برنامج ضمان الجودة القوانين الدولية المتعلقة بالنقل الآمن للمواد المشعة والمتطلبات الأخرى المتعلقة بالوقاية من الاشعاع. كما يخضع

لموضوع ضمان الجودة استجابة العاملين والمشغلين ومدى التزامهم بالقوانين والقواعد. قامت المنظمة العالمية للمعايير (ISO) في الفترة الأخيرة بإصدار دلائل إرشادية تتضمن متطلبات هامة من وجهة نظر الأمان الاشعاعي يجب تحقيقها وهي:

7- **33**- التنظيم والتوثيق:

تقوم الشركة المالكة للمصدر بتسمية شخص بتحمل المسؤولية الأساسية في جميع مراحل برنامج ضمان الجودة. مهام الشخص التأكد بأن جميع المهام يقوم بها العاملون المؤهلون، و جميع الأعمال المرتبطة توثق وتسجل في سجلات خاصة ومن مهام الشخص كتابة تقارير مباشرة إلى مسؤول الموقع. المعلومات في السجلات الموثقة تشمل الرقم التعريفي للحاوية أو الطرد، نوع النظير المشع و نشاطه الاشعاعي، معدل الجرعة على السطح وعلى مسافة متر وتاريخها، مستوى التلوث ان وجد، تاريخ ومكان عملية التهيئة والأسلوب المستخدم والشخص المسؤول عن العملية، نوع التخزين اذا كان مؤقت أم تخزين للتحلل وأخيرا عدد المصادر. توثق جميع هذه المعلومات وتحفظ لدى الجهات ذات العلاقة وتكون المعلومات قابلة للاسترجاع في أية لحظة حتى بعد مرور عدة سنوات على أن يتم ذلك بيسر وبسرعة ولو كان ذلك بعد التخلص النهائي. جميع الوثائق الخاصة بالطرد ترافقه أثناء نقله إلى مواقع التخزين أو التخلص النهائي من أجل التوثيق الفعال والعملي وبهدف التعلم على كيفية انجاز أي عمل على أكمل وجه وتحقيقا لأفضل المواصفات يجب أن تتم كتابة تقارير مفصلة حاوية على كيفية انجاز العمل تربط مع الوثائق والاستمارات. يجب أن تتضمن التقارير إضافة إلى وصف العمل ومستلزماته المشاكل التي حدثت أثناء الانجاز والتطويرات والتعديلات المدخلة.

7- **34**-القياسات و تقييم الأجهزة والمعدات :

من التجهيزات الضرورية لتنفيذ برنامج ضمان الجودة الأجهزة والأدوات المستعملة لإجراء القياسات والاختبارات الضرورية وإجراء المعايرات اللازمة وفحوص متعددة للتحقق من الأمان الاشعاعي وسلامة تأديتها لوظائفها المطلوبة للتأكد من سلامة وأمان استخدام المواد المشعة. تسجل جميع النتائج في سجلات خاصة بذلك. كل هذه الاعمال يجب أن تخضع للرقابة والتفتيش من قبل أشخاص مؤهلين ذوي خبرة وتسجل وتوثق نتائج العمل في السجلات الخاصة بالجهاز.

7- **35**-سجلات الصيانة :

يخصص لكل جهاز أاو معدة تحوي على مصدر مشع سجلات خاصة تدون المعلومات التي تتضمن الحالة العامة للجهاز من الناحية الاشعاعية والفنية بالإضافة الى إسم الشخص القائم بالعمل، تاريخ تنفيذ العمل، توصيف العمل المنجز،, ونتائج الاختبارات المنفذة بعد صيانة الجهاز.

الفصل الثامن

إدارة النفايات المشعة وحالات الطوارئ

8 – 1 - التاكد بأن نشاط وحجم النفايات المشعة المستخدمة أقل ما يمكن عمليا ، و يجب جمعها ومعالجتها ونقلها وخزنها ثم التخلص منها، بموجب المعايير الدولية أو أي معيار آخر قابل للتطبيق.

8 – 2 - يجب على المرخص وضع القواعد التي تضمن إدارة النفايات المشعة وهي : -

1 – السيطرة على توليد النفايات وعزلها وتصنيفها. وأن يكون هناك خزان خاص لجمع الماء من مغاسل مختبرات الطب النووي لكي تنحل فيه المواد المشعة ذات أعمار النصف القصيرة ثم يطرح إلى المجاري العامة بعد أن يصبح النشاط الإشعاعي ضئيلا .

2 – السيطرة على إطلاق النفايات إلى البيئة ونقلها وخزنها.

3 – توثيق كمية وخواص النفايات بسجلات وتقارير.

8 – 3 - المرخص يجب أن يضع القواعد لحالات الطوارئ والتي تشمل: -

1 - تطبيق إجراءات التدخل.

2 - مسؤوليات المرخص.

3 - التخطيط لحالات الطوارئ.

4 – اختبارات العدة الصيدلانية وتتضمن نقاء العدة ، كفاءة التعليم ، عدم وجود عناصر سامة، خلوها من المواد المسببة للحمى.

5 – إجراء اختبارات ضمان الجودة لأجهزة الطب النووي التي تشمل:

1- اختبارات مقاييس النشاط الإشعاعي (Activity meter) وتتضمن التأكد من فولتية التشغيل للمقياس يوميا، تصفير الجهاز ، قياس الخلفية الإشعاعية للجهاز يوميا، خطية القراءات وتقاس سنويا ، التسرب

الإشعاعي عند القياس وتقاس سنويا. جميع هذه الاختبارات فإن الدقة يجب أن تكون ضمن ± %5 .

2- اختبارات عدادات جاما. يتضمن تعير الطاقة ، تحليل الطاقة ، مقياس الزمن.

3- اختبارات عدادات بيتا. يتضمن دقة القياس ، دقة العد ، الخلفية الإشعاعي ، معدل العد المفقود.

إجراءات الطوارئ أثناء الحوادث:

8 – 4 - يجب على مالك محطة معاملة وتخزين النفايات المشعة وضع التعليمات والإجراءات المتخذة أثناء وقوع الحوادث لكي يطلع عليها جميع المتعاملون مع المواد المشعة ويتدربوا على الإجراءات الواجب إتباعها .

8 – 5 - التنبؤ بجميع حالات الحوادث واتخاذ الاحتياطات اللازمة لتلافيها. وضع نظام إبلاغ فعال لمؤسسات الدولة المعنية بحالات الطوارئ .

8 –6 - اتخاذ ما يلزم لعزل مناطق الخطر لتلافي التلوث الإشعاعي والتغلب على آثار الحوادث.

8 –7 - يجب الإسراع بالعمل لإيقاف واسطة نقل النفايات بسبب عطب في حاويات النفايات أو حصول تسرب للمواد الموجودة فيها يؤدي إلى تلويث المنطقة المجاورة بقيم تزيد عن 0.1 عن الحد المسموح به.

8 –8 - يجب على السائق والمرافق المختص بإجراء المسح الإشعاعي ارتداء معدات الحماية الفردية.

8 –9 - وضع إلا شارات التحذيرية الضوئية والمنبه الصوتي وتثبيت حدود المنطقة الملوثة بحبال أو شرائط.واتخاذ إجراءات سريعة لإبعاد الناس وتلافي التلوث.

8 –10 -ابلاغ السلطة الرقابية وشرطة المرور عن الحادث والإجراءات التي

اتخذت.

8 –11 - يتوجب على العاملين في محطة معاملة وتخزين النفايات المشعة إتباع الإجراءات التالية عند حصول تلوث من جراء حادث في محطة المعاملة:

1 - مغادرة منطقة الحادث و إيقاف جميع الآلات والأجهزة.

2 - قياس تلوث الأيدي والألبسة والأحذية وخلع الملابس التي يزيد تلوثها عن الحد المسموح به وإبقائها في المكان وغسل الأيدي وأجزاء الجسم المكشوفة.

3 - وضع حواجز على جميع مداخل منطقة التلوث.

8 –12 - لا يسمح لأي شخص بالدخول وإجراء أي أعمال في منطقة التلوث إلا بعد موافقة ضابط الوقاية الإشعاعية.

8 –13 - إذا كانت المعاملة العادية لإزالة آثار التلوث غير فعالة يتوجب استخدام طرق أخرى لإزالة التلوث وخاصة الطرق الميكانيكية والكيماوية.

8 –14 - تتم كامل عملية إزالة التلوث تحت إشراف ممثل الدائرة المختصة بالوقاية الإشعاعية.

المصادر

1 – IAEA, 2009 ,Predisposal Management of Radioactive Waste. GSR Part 5

2 - IAEA, 2008 , The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste Series No. GS-G-3.3, published Monday, 30 June, 2008.

4 – IAEA, 2009 ,Standards Classification of Radioactive Waste No. GSG-1General Safety Guide.

5 -مصطفى خيطو ,1989, دساتير ممارسة العمل مع النفايات المشعة الجمهورية العربية السورية هيئة الطاقة الذرية قسم الوقاية و الأمان



تعليمات الممارسة الإشعاعية للملوثات المشعة

هذا الكتاب

يتكون هذا الكتاب من جزئين:

الجزء الأول : تعليمات الممارسة الاشعاعية للملوثات المشعة والمتكونة طبيعياً فى صناعة النفط والغاز حيث يوضح المؤلف مدى التطور المستمر فى المعرفة الانسانية بتأثيرات الاشعاعات المؤينة وطرق رصدها واحتواء تأثيرها الضار، استنادا إلى تعليمات وتوصيات المنظمات الدولية المتخصصة بالوقاية من الإشعاعات المؤينة مثل الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع المؤين ICRP والوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA. حيث تضع السلطات الوطنية تعليمات للممارسة الإشعاعية كمحور أساسي من محاور البنية التشريعية الوطنية والتي تتكون من القوانين واللوائح والممارسات الإشعاعية لغرض حماية الإنسان والبيئة من التعرض غير المبرر للإشعاعات المؤينة . إن استخراج وصناعة النفط والغاز لا تتضمن تفاعلا مباشرا مع الإشعاعات المؤينة ولكنها تتضمن التعامل مع المواد المشعة الطبيعية حيث تودي العمليات التصنيعية إلى إزالتها أو تقليلها من منتجات التصنيع وتركيزها في بعض المعدات مما يحتم التعامل معها بما يضمن سلامة العملية التصنيعية ووقاية العاملين والجمهور والبيئة ، عن طريق وضع التعليمات والضوابط الفنية التي تحكم التعامل مع هذه النفايات.

الجزء الثانى: تعليمات الممارسة الاشعاعية للنفايات المشعة الصناعية والطبية .

تهدف إدارة النفايات المشعة إلى حماية السكان والبيئة من مخاطر التعرض للإشعاعات المؤينة الناتج عن النفايات المشعة، وذلك من خلال تحديد المتطلبات الأساسية والضوابط التي تحكم الممارسات والأعمال المرتبطة بإدارة النفايات المشعة، وتحديد مسؤوليات جميع الأطراف المساهمة في هذه الإدارة.

والله ولي التوفيق ، ، ،

الناشر

عبد الحي أحمد فؤاد

دار الفجر للنشر و التوزيع

4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة - القاهرة تليفون :26246252 فاكس : 26246265

www.daralfajr.com info@daralfajr.com

ISBN 978-977-358-320-0

9 789773 583200